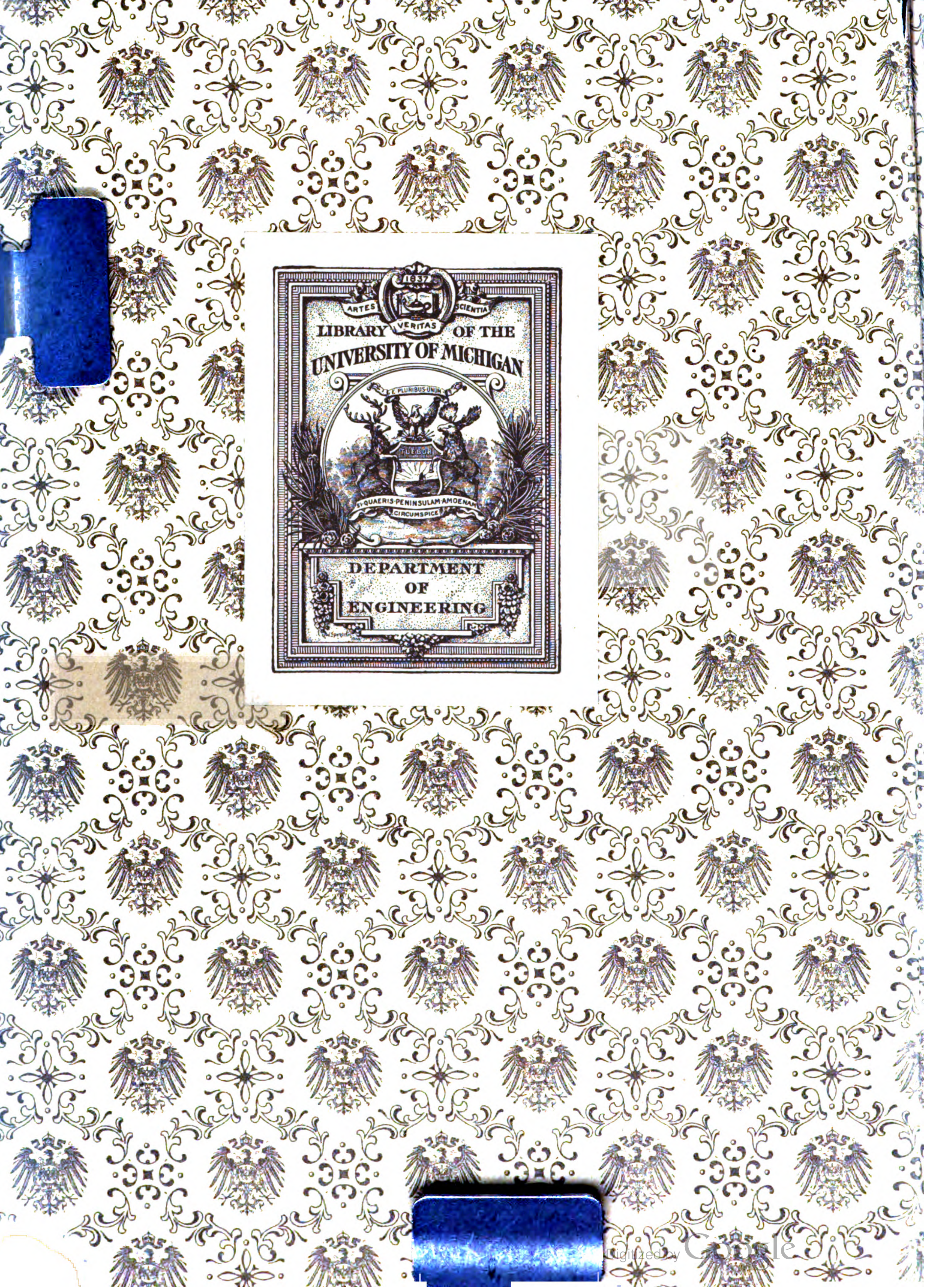
Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft



Sechster Band

1905


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING
Digitized by Google





Verlag von Julius Springer, Berlin. Hel.u.impr. Meisenbach Riffarth & Co. Berlin

Georg Langner

Jahrbu[illegible]

der

[illegible]utechnischen [illegible]



Sechster Band

1905

Berlin

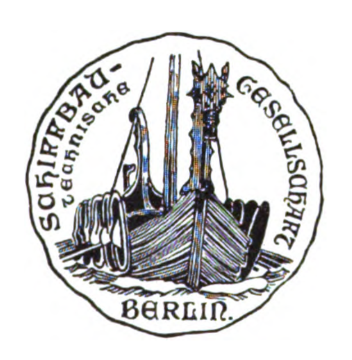
[illegible]



Jahrbuch

der

Schiffbautechnischen Gesellschaft



Sechster Band

1905

Berlin
Verlag von Julius Springer
1905

Druck von H. S. Hermann in Berlin.

Inhalts-Verzeichnis.

Seite

Geschäftliches: 1

I. Mitgliederliste 3
II. Satzung 30
III. Satzung des Stipendienfonds 35
IV. Bericht über das sechste Geschäftsjahr 1904 37
V. Bericht über die VI. ordentliche Hauptversammlung 47
VI. Protokoll der geschäftlichen Sitzung der VI. ordentlichen Hauptversammlung am 19. November 1904 51
VII. Unsere Toten 56

Vorträge der VI. Hauptversammlung: 65

VIII. Die Widerstandserscheinungen an schiffsförmigen Modellen. Von Fr. Ahlborn 67
IX. Die Wirkung der Schiffsschraube auf das Wasser. Von Fr. Ahlborn 93
X. Neuere Methoden und Ziele der drahtlosen Telegraphie. Von Fr. Braun 107
XI. Die neusten Konstruktionen und Versuchsergebnisse von Torsionsindikatoren. Von Herm. Föttinger 135
XII. Arbeitsausführung im steigenden Stundenlohn. Von A. Strache . 180
XIII. Ventilsteuerungen und ihre Anwendung für Schiffsmaschinen. Von W. Hartmann 228
XIV. Die Anwendung der Gasmaschine im Schiffsbetriebe. Von E. Capitaine 265
XV. Der gegenwärtige Stand der Scheinwerfertechnik. Von O. Krell 312
XVI. Über die Herstellung von Stahlblöcken für Schiffswellen in Hinsicht auf die Vermeidung von Brüchen. Von A. Wiecke 351

Seite

Beiträge: . . . 387

XVII. Studien über submarine und Rostschutz-Farben. Von M. Ragg . . 389

XVIII. Gleiche Stromart und Spannung der elektrischen Anlagen an Bord von Schiffen. Von C. Schulthes . . . 427

XIX. Der Bau von Schwimmdocks. Von A. F. Wiking . . . 434

XX. Schiffbautechnische Begriffe und Bezeichnungen . . . 467

XXI. Bekanntmachung des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes 476

Besichtigungen: . . . 479

XXII. Das Königliche Materialprüfungsamt der Technischen Hochschule-Berlin zu Groß-Lichterfelde-West . . . 481

Geschäftliches.

I. Mitgliederliste.

Protektor:

SEINE MAJESTÄT DER DEUTSCHE KAISER UND KÖNIG VON PREUSSEN

WILHELM II.

Ehrenvorsitzender:

SEINE KÖNIGLICHE HOHEIT DER GROSSHERZOG

FRIEDRICH AUGUST VON OLDENBURG.

Vorsitzender:

C. Busley, Geheimer Regierungsrat und Professor, Berlin.

Stellvertretender Vorsitzender:

Johs. Rudloff, Geheimer Marine-Ober-Baurat und vortragender Rat im Reichs-Marine-Amte, Berlin.

Fachmännische Beisitzer:

Rud. Assmann, Geheimer Marine-Baurat und Maschinenbau-Ressort-Direktor, kommandiert zum Reichs-Marine-Amte, Berlin.

C. Pagel, Professor, Technischer Direktor des Germanischen Lloyd, Berlin.

Gotth. Sachsenberg, Kommerzienrat, Werftbesitzer, Rosslau a. E.

Otto Schlick, Konsul, Direktor des Germanischen Lloyd, Hamburg.

R. Zimmermann, Baurat, Schiffbau-Direktor der Stettiner Maschb.-Akt.-Ges. Vulcan, Stettin.

Beisitzer:

Fr. Achelis, Konsul, Vicepräsident des Norddeutschen Lloyd, Bremen.

Aug. Schultze, Geheimer Kommerzienrat, Direktor der Oldenburg-Portug. Dampfschiffs-Reederei, Oldenburg i. Gr.

Ed. Woermann, Konsul und Reeder, i. Fa. C. Woermann, Hamburg.

Geschäftsführer: H. Seidler, Schiffbau-Ingenieur, Berlin.

Geschäftsstelle: Berlin NW6., Schumannstr. 2 pt.

I. Ehrenmitglieder:

SEINE KÖNIGLICHE HOHEIT, Dr. Ing.
HEINRICH, PRINZ VON PREUSSEN
(seit 1901)

SEINE KAISERLICHE UND KÖNIGLICHE HOHEIT,
WILHELM, KRONPRINZ DES DEUTSCHEN REICHES U. VON PREUSSEN
(seit 1902)

SEINE KÖNIGLICHE HOHEIT
FRIEDRICH FRANZ IV., GROSSHERZOG V. MECKLENBURG-SCHWERIN
(seit 1904).

II. Fachmitglieder.

a) Lebenslängliche Fachmitglieder:

Bergius, Walter, C., Ingenieur, Queen Street 77, Glasgow.

Berninghaus, C., Ingenieur und Werftbesitzer, Duisburg.

Biles, John Harvard, Professor für Schiffbau an der Universität Glasgow.

Blohm, Herm., i. Fa. Blohm & Voss, Hamburg, Steinwärder.

10 Busley, C., Geheimer Regierungsrat und Professor, Berlin NW., Kronprinzen-Ufer 2.

de Champs, Ch., Kapitänleutnant der Königl. Schwed. Marine, Schiffbau- und Elektro-Ingenieur von der Königl. Techn. Hochschule in Stockholm, Stockholm, Johannesgatan 20.

Claussen, Georg W., Techn. Direktor der Schiffswerft von Joh. C. Tecklenborg Akt.-Ges., Geestemünde, Dockstrasse 4.

Delaunay-Belleville, L., Ingénieur-Constructeur, Rue de l'Ermitage, St. Denis (Seine).

Elgar, Dr. Francis, Naval Architect, London NW., 18 Cornwall Terrace, Regents Park.

15 Flohr, Justus, Königl. Baurat, Maschinenbau-Direktor der Stett. Maschb.-Akt.-Ges. Vulcan, Stettin, Kantstrasse 9.

Howaldt, Bernhard, Ingenieur, Kiel, Düsternbrook 16.

Klose, A., Oberbaurat a. D., Berlin W., Kurfürstendamm 33.

Kraft de la Saulx, Ritter Friedrich, Sektions-Ingenieur der Ges. John Cockerill, Seraing.

Kummer, O. L., Kommerzienrat, Klausen, Südtirol, p. Adr. F. Dannehl.

Masing, Berthold, Direktor der Werft Uebigau bei Dresden. 20

Meyer, Georg C. L., Ingenieur und Direktor, Hamburg, Rothenbaum-Chaussee 11.

Niclausse, Jules, Ingénieur-Constructeur, Paris, Rue des Ardennes 24.

Pommée, P. J., Direktor des Ottensener Eisenwerk, Altona-Ottensen.

Sachsenberg, Georg, Kommerzienrat, Werftbesitzer, Rosslau a. E.

Sachsenberg, Gotthard, Kommerzienrat, Werftbesitzer, Rosslau a. E. 25

Steinike, Karl, Schiffbaudirektor der Fried. Krupp Germania-Werft, Gaarden bei Kiel.

Topp, C., Direktor der Schiffswerft von F. Schichau zu Danzig, Neufahrwasserweg 6.

Wilton, B., Werftbes., Rotterdam.

Wilton, J. Henry, Werftdirektor, Rotterdam.

Ziese, Carl H., Dr. Ing., Geheimer Kommerzienrat und Besitzer der Schichau'schen Werke zu Elbing und Danzig, Elbing. 30

Ziese, Rud. A., Ingenieur, St. Petersburg, Wassili Ostrow, 12. Linie 27.

Zimmermann, R., Königl. Baurat, Schiffbau-Direktor der Stettiner Maschb.-Akt.-Ges. Vulcan, Stettin, Karkutschstr. 1.



b) Ordnungsmässige Fachmitglieder:

Abel, Herm., Schiffsmaschinenbau-Ingenieur, Lübeck, Israelsdorfer Allee 23a.

Abel, Wilh., Schiffbau-Ingenieur, Oberlehrer am Technikum zu Hamburg, Hamburg, Borgfelde, Burgstrasse 56 I.

35 Abraham, J., Schiffbau-Ingenieur, Inhaber der Firma O. Kirchhoff Nachfolger, Stralsund.

Ahlrot, Georg, Schiffbau-Ingenieur, Stockholm, Bergsunds Mek. Verkstads A. B.

Alverdes, Max, Oberingenieur und Vertreter des Osnabrücker Georgs-Marien-Bergwerks- und Hüttenvereins, Hamburg-Uhlenhorst, Bassinstrasse 8.

Amnell, Bengt., Schiffbauingenieur, Djursholm, Stockholm.

de Angulo, Enrique Garcia, Excellenz, Général du Génie maritime Espagnol, Madrid, Salesas 10.

40 Arendt, Ch., Kaiserl. Marine-Baumeister, Danzig, Kaiserl. Werft.

Arnold, Alb., C., Schiffbau-Ingenieur, Berlin NW., Luisenstrasse 64.

Arppe, Johs., Ingenieur, Danzig, Halbe Allee 1.

Assmann, Rud., Geheimer Marine-Baurat und Maschinenbau-Ressort-Direktor, Berlin W., Kalckreuthstr. 9.

Baars, Georg, Schiffbau-Ingenieur, Hamburg, St. P., Annenstr. 10.

45 Bachmeyer, Robert, Direktor der Berliner Maschinenbau-Akt.-Ges. vorm. L. Schwartzkopff, Berlin N. 4, Chausseestrasse 17/18.

Barg, G., Schiffbau-Direktor der Neptunwerft, Rostock i. M.

Bauer, V. J., Direktor der Flensburger Schiffsbau-Gesellschaft, Flensburg, Neustadt 49.

Bauer, Dr. G., Schiffsmaschinenbau-Ingenieur der Stett. Maschb.-Akt.-Ges. Vulcan, Bredow a. O.

Bauer, M. H., Schiffbau-Ingenieur, Hamburg 21, Uhlenhorsterweg 50.

50 Bauer, O., Betriebs-Ingenieur d. Flensburger Schiffsbau-Gesellschaft, Flensburg.

Beck, Kaiserl. Marine-Oberbaurat a. D., Sömmerda i. Th.

Becker, Richard, Maschinen-Ingenieur, Stettin, Pölitzerstrasse 17 III.

van Beek, J. F., Oberingenieur der Königl. Niederländischen Marine, Amsterdam, Marinewerft 5.

Behn, Theodor, Diplom-Ingenieur, Hamburg, Kirchenallee 47 II.

Benetsch, Armin, Schiffsmaschinenbau-Ingenieur, Oberlehrer a. d. Städt. Maschinisten- und Gewerbeschule, Bremerhaven. 55

Berendt, M., Ingenieur, Hamburg, Admiralitätstrasse 52.

Bergemann, W., Kaiserl. Marine-Baumeister, Wilhelmshaven, Kaiserl. Werft.

Berghoff, O., Kaiserl. Marine-Baumeister, Kiel, Kaiserl. Werft.

Berling, G., Kaiserl. Marine-Baumeister, Hamburg, St. G., Kirchenallee 33 II.

Berner, Otto, Ingenieur, Hamburg, Admiralitätstrasse 58. 60

Bernhardt, C., Direktor der Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft, Lübeck, Kaiser Friedrichstrasse 3.

Bertram, Ed., Geh. Marine-Baurat u. Maschinenbau-Ressortdirektor, Gaarden b. Kiel.

Beul, Th., Oberinspektor des Norddeutschen Lloyd, Bremerhaven, Lloyd-Dock.

Billig, H., Maschinenbau-Oberingenieur, Rosslau a. E., Südstrasse 10.

Blackstady, E., Direktor der Oderwerke, Stettin, Schillerstrasse 11. 65

Block, Hch., Ingenieur, Hamburg, Bei den Mühren 74/75.

Blohm, Eduard, Ingenieur, Hamburg, Koopstrasse 26.

Blohm, M. C. H., Ingenieur, Altona a. E., Lohmühlenstrasse 117 I.

Blümcke, Richard, Direktor der Schiffs- und Maschinenbau-Akt.-Ges. Mannheim in Mannheim.

Blumenthal, G. E., Direktor der Hamburg-Amerika-Linie, Hamburg, Ferdinandstr. 70

Bocchi, Guido, Schiffbau-Ingenieur, Genua, Via Cäsaregis No. 15.

Bock, W., Kaiserl. Marine-Baumeister, Berlin W. 50, Kulmbacherstrasse 6.

Bockhacker, Eug., Kaiserl. Marine-Oberbaurat und Schiffbau-Betriebsdirektor, Berlin W. 50, Spichernstrasse 11/12.

Boekholt, H., Kaiserl. Marine-Baumeister, Kiel, Kaiserliche Werft.

75 Bonhage, K., Kaiserl. Marine-Baurat, Kiel, Falkstrasse 2.

Böning, O., Schiffbau-Ingenieur, Stettin, Deutschestrasse 55 II.

Borgstede, Ed., Schiffbau-Direktor der Firma F. Schichau, Elbing.

Bormann, Ed., Direktor des Technikum Riesa i. S.

Böttcher, Max, Schiffbau-Ingenieur, Langfuhr b. Danzig, Brunshöferweg 18 p.

80 Bramigk, Schiffbau-Ingenieur, Rosslau a. E., Dessauerstrasse 90 I.

Bredsdorff, Th., Schiffbau-Direktor, Flensburg, Apenraderstrasse 25.

Breer, Wilh., Schiffbau-Ing. und erster Schiffs-Vermesser, Hamburg, Frucht-Allee 38.

Breymann, Stats, Kaiserl. Marine-Baumeister, Kiautschou.

Brinkmann, G., Geheimer Marine-Baurat und Schiffbau-Ressortdirektor, Wilhelmshaven, Adalbertstrasse 11.

85 Brinkmann, Oberingenieur der Germania-Werft, Kiel, Bergstrasse 25.

Brodin, O. A., Werftbesitzer, Gefle.

Brommundt, G., Kaiserl. Marine-Oberbaurat und Maschinenbau-Betriebsdirektor, Kiel, Feldstr. 42.

Brotzki, Julius, Kaiserl. Regierungsrat, Berlin W. 50, Bambergerstrasse 6 II.

Bruns, Heinr., Civil-Ingenieur, Kiel, Niemannsweg 90.

90 Bub, H., Schiffbau-Ingenieur, Vegesack, Bremer Vulkan.

v. Buchholtz, W., Kaiserl. Marine-Baumeister, Kiel, Knooper Weg 35.

Bufe, C., Schiffbau-Ingenieur, Elbing, Johannisstrasse 19.

Bull, Harald, Ingenieur, Hamburg, Eckernförderstrasse 79.

v. Bülow, Schiffbau-Ingenieur, Geestemünde, Georgstrasse 4.

95 Bürkner, H., Kaiserl. Marine-Baumeister, Hamburg, Brahms-Allee 24 II.

Buschberg, E., Kaiserl. Marine-Baumeister, Berlin W., Achenbachstr. 7/8.

Caldwell, James, Marine-Engineer, Glasgow, Elliot-Street 130.

Capitaine, Emil, Ingenieur und Maschinenfabrikant, Frankfurt a. M., Mainzer Landstrasse 153.

Carlson, C. F., Schiffbau-Ingenieur, Danzig, Werft von F. Schichau.

Castelote y Pinazo, José, Lieutenant-colonel du Génie maritime Espagnol, Estado Mayor Central de la Armada, Madrid. 100

Chace, Mason, S., Präsident der Crescent, Shipyard, Elizabeth, New Jersey, U. S. A.

Chapman, H. R., Techn. Direktor der Viktoria Works, Gateshead on Tyne.

Clark, Charles, Professor am Polytechnikum Riga, Mühlenstrasse 58 II.

Clausen, Ernst, Schiffbau-Ingenieur, Kiel, Jahnstrasse 8 II.

Conradi, Carl, Marineingenieur, Christiania, Prinsens Gade 2 b. 105

Collin, Max, Kaiserl. Marine-Oberbaurat u. Maschinenbau-Betriebsdirektor, Berlin W., Bambergerstrasse 7 I.

Cornehls, Otto, Direktor der Reiherstieg-Schiffswerfte und Maschinenfabrik, Hamburg, Kl. Grasbrook.

Cramp, Chas. H., President of Ww. Cramp & Sons Ship and Engine Building Co., Philadelphia Pa.

Crets, M. C. Edmond, Direktor der Chantier naval Cockerill, Hoboken—Anvers.

Creutz, Carl Alfr., Schiffbau-Oberingenieur der Chantiers navals, Ateliers et Fonderies de Nicolaieff. 110

Daevel, C., Kommerzienrat, Direktor der Kieler Maschinenbau-Aktiengesellschaft vorm C. Daevel, Kiel.

Degn, Paul Frederik, Diplom-Ingenieur, Bremen, Nordstrasse 37.

Delaunay-Belleville, Robert, Ingenieur, Saint-Denis sur Seine.

Dentler, Heinr., Schiffsmaschinenbau-Ingenieur, Stettin, Friedrich Karlstr. 38 III.

Dieckhoff, Hans, Professor der Königl. Technischen Hochschule, Charlottenburg, Uhlandstrasse 194. 115

Dietrich, A., Kaiserl. Marine-Baumeister, Kiel, Feldstrasse 69.

Dietze, E., Schiffbau-Oberingenieur, Rosslau a. E., Lindenstr. 65.

Dix, Joh., Kaiserl. Marine-Baumeister, Berlin W., Hohenstaufenstrasse 45.

v. Dorsten, Wilhelm, Ingenieur der Rheinschiffahrt A.-G. vorm. Fendel, Mannheim.

120 Drakenberg, Jean, Maschinen-Ingenieur, Direktor der Bergungs-Gesellschaft „Neptun", Stockholm, Kungsträdgårdsgatan 12.

Dreyer, E., Max, Ingenieur für Schiff- und Maschinenbau, Inspektor des Germanischen Lloyd, Hamburg, Graumannsweg 43.

Dreyer, Fr., Schiffbau-Ingenieur, Hamburg, St. P. Enckeplatz 4.

Drossel, Aug., Schiffbaumeister, Stettin, Birkenallee 40 II.

Dugé de Bernonville, Ingénieur de la Marine, Ingénieur en Chef des Ateliers Niclausse, 1 Rue Eugène Flachat, Paris.

125 Dümling, Fr., Direktor, Osterholz-Scharmbeck.

Ebert, E. J., Ingenieur, Düsseldorf-Obercassel, Düsseldorferstrasse 95.

Egan, Edward, Oberingenieur in der Schifffahrtssektion des k. ungar. Handelsministeriums, Budapest II.

Eggers, Julius, Oberingenieur der Chantiers navals Ateliers et Fonderies de Nicolaieff, Potemkinskaja 7.

Eichhorn, Osc., Kaiserl. Marine-Oberbaurat und Schiffbau-Betriebsdirektor, Wilhelmshaven, Viktoriastrasse 5.

130 Ekström, Gunnar, Extra-Marine-Ingenieur, Marinförvaltningens, Ingenieurafdelning, Stockholm.

Elste, R., Schiffbau-Ingenieur, Hamburg, Zeughausstrasse 46 I.

Elze, Theodor, Schiffbau-Ingenieur, Rosslau a. E., Burgwall.

Engel, Otto, Kaiserl. Marine-Baumeister, Berlin W. 9, Reichs-Marine-Amt.

von Essen, W. W., Ingenieur, Hamburg, Rathausmarkt 8 II.

135 Euterneck, P., Kaiserl. Marine-Oberbaurat und Schiffbau-Betriebsdirektor, Langfuhr bei Danzig, Jäschkenthalerweg 2d.

Evans, Charles, Schiffsmaschinenbau-Ingenieur, Stettin, Arndtstrasse 6.

Evers, C., Direktor, Charlottenburg, Guerickestrasse 41.

Evers, Charles, Civil-Ingenieur, Dortmund, Hohestr. 8 II.

Evers, F., Ober-Ingenieur der A.-G. Weser, Bremen, Reinholdstrasse 3.

Evers, G., Schiffbau-Ingenieur, Bevoll- 140
mächtigter des Germanischen Lloyd, Bremen, Schlachte 21.

Falk, W., Betriebs-Ingenieur der Reiherstiegs-Schiffswerfte und Maschinenfabrik, Hamburg 4, Hafenstr. 23.

Fechter, Gust., Schiffbaumeister, Königsberg i. Pr.

Festerling, S., Ingenieur, Hamburg, Hohenfelde, Richardallee 7.

Fischer, Fr., Betriebs-Ingenieur, Elbing Altst., Wallstrasse 13.

Flach, H., Kaiserl. Marine-Oberbaurat, Stettin, 145
Friedrich Carlstrasse 36.

Flamm, Osw., Geh. Regierungsrat und Professor der Königl. Techn. Hochschule, Charlottenburg, Uhlandstrasse 193.

Fliege, Gust., Oberingenieur des Bremer Vulkan, Vegesack.

Flügel, Paul, Ingenieur und Maschinen-Inspektor, Lübeck, Fischergrube 55 I.

Folkerts, H., Ingenieur der Howaldtswerke, Kiel, Reventlow-Allee 31.

Föttinger, Herm., Dr. Ing., Schiffs- 150
maschinenbau-Ingenieur, Stettin, Prutzstrasse 4 I.

Frahm, Herm., Ober-Ingenieur u. Prokurist bei Blohm & Voss, Hamburg, Kloster-Allee 18.

Frankenberg, Ad., Kaiserl. Marine-Baumeister, Stettin, Buggenhagenstr. 18 I.

Fränzel, Curt, Direktor der Königl. Seemaschinistenschule in Flensburg, Stuhrs Allee 9.

Frick, Ph., Ingenieur, Stettin-Grabow, Gustav Adolphstr. 4a.

Fritz, G., Kaiserl. Marine-Oberbaurat 155
und Maschinenbau-Betriebsdirektor, Kiel, Fährstrasse 27 II.

Früchtenicht, O., Schiffbau-Ingenieur, Werft vorm. Janssen & Schmilinsky A.-G., Steinwärder, Hamburg.

Galetschky, W., Ingenieur, Gross-Flottbeck b. Altona, Fritz Reuterstr. 9.

Gamst, A., Fabrikbesitzer, Kiel, Eckernförder Chaussee 61.

Gannott, Otto, Rechnungsrat im Reichs-Marine-Amte, Gross-Lichterfelde-West, Holbeinstrasse 6 I.

160 Gätjens, Heinr., Schiffbau - Ingenieur der Hamburg - Amerika Linie, Hamburg, Ferdinandstrasse.

Gebauer, Alex, Schiffsmaschinenbau-Ingenieur, Werft von F. Schichau, Elbing.

Gehlhaar, Franz, Dipl. Schiffbau-Ingenieur, Mitglied des Kaiserl. Schiffs-Vermessungs-Amtes, Berlin-Westend, Eschenallee 13.

Gerner, Fr., Maschinen-Ingenieur, Nicolaieff, Gouv. Cherson, Grosse Morskaja 26.

Gierth, R., Betriebs-Oberingenieur der D. E. G. Kette, Dresden-Plauen, Reisewitzerstrasse 29.

165 Giese, Ernst, Kaiserl. Regierungsrat, Berlin NW., Schleswiger Ufer 10 pt.

Gleim, W., Direktor der Aktiengesellschaft Weser, Bremen.

Gnutzmann, J., Schiffbau-Ingenieur, Langfuhr bei Danzig, Heiligenbrunnerweg 4.

Goecke, E., Kaiserlicher Marine-Baurat, Elbing, Schichauwerft.

Grabow, C., Kaiserl. Marine-Baumeister, Berlin W. 50, Kulmbacherstrasse 6 II.

170 Grabowski, E., Schiffbau-Ingenieur, Bremen, Friedrich Wilhelmstrasse 35.

Grauert, M., Kaiserl. Marine-Baumeister, Langfuhr bei Danzig, Baumbach-Allee 2.

Green, Rudolf, Oberingenieur, Breslau, Andersenstrasse 6.

Grond, Josef, k. und k. Schiffbau-Oberingenieur 2. Kl., Bauleiter in S. Marco bei Triest.

Gronwald, Otto, Schiffbau-Ingenieur, Stettin Töpferparkstrasse 9.

175 Groth, W., Ingenieur der Hanseat. Elektr.-Ges., Hamburg, Gr. Reichenstr. 27, Afrikahaus.

Grotrian, H., Schiffbau-Ingenieur, Oberlehrer am Technikum zu Hamburg, Hamburg, Barcastrasse 2.

Gümbel, L., Ingenieur im technischen Bureau der Hamburg-Amerika-Linie, Hamburg, Jungfrauental 15 II.

Haack, Otto, Schiffbau-Ingenieur, Inspektor des Germanischen Lloyd, Stettin, Sellhausbollwerk 3.

Haack, R., Königl. Baurat, Eberswalde, Schicklerstrasse 1.

Hadenfeldt, Ernst, Direktor, Hamburg, 2. Vorsetzen 4. 180

Haedicke, Fachschuldirektor, Siegen.

Haensgen, Osc., Maschinenbau-Ingenieur, Flensburger Schiffsbau-Ges., Flensburg.

Hahn, Carl, Ingenieur der Bremer Assekuradeure, Bremen, Am Wall 164.

Halberstaedter, Paul, Schiffsmaschinenbau-Ingenieur, Werft von F. Schichau, Elbing.

Hammar, Hugo G., Schiffbau-Ingenieur, Lindholmens Verkstad A. B., Göteborg. 185

Harmes, F., Schiffbau-Ingenieur, Stettin, Birkenallee 8a III.

Hartmann, C., Erster Revisor der Baupolizeibehörde, Hamburg, Juratenweg 4.

Hartmann, Hans, Kaiserl. Marine-Baumeister, Wilhelmshaven, Viktoriastrasse 8.

Hartung, Carl Herm., Schiffsmaschinenbau-Ingenieur, Joh. C. Tecklenborg Akt.-Ges., Geestemünde.

Heberrer, F., Ing., Stettin, Birkenallee 30 III. 190

Hein, Th., Rechnungsrat im Reichs-Marine-Amte, Charlottenburg, Kaiser Friedrichstrasse 48 II.

Heitmann, Johs., Schiffbau-Ingenieur, Hamburg, St. G., Langereihe 112 pt.

van Helden, H., Inspektor bei der Holland-Amerika-Linie, Rotterdam, Boompjes 117.

Hempe, Gust., Oberingenieur d. Germaniawerft, Kiel-Gaarden, Carlsthal 15.

Henke, Gust., Schiffsmaschinenbau-Ingenieur, Elbing, Aeusserer Mühlendamm 24 b. 195

Herner, H., Schiffbau-Ingenieur, Oberlehrer an der Königl. höheren Schiff- und Maschinenbauschule, Kiel, Göthestr. 30.

Herzberg, Emil, Maschinen-Inspektor, Expert für Lloyds Register, Stettin, Bollwerk 12—14.



Heyn, Bruno, Schiffbau-Ingenieur, Elbing, Hospitalstrasse 1.

Hinrichsen, Henning, Schiffsmaschinenbau-Ingenieur, Werft von F. Schichau, Elbing.

200 Hitzler, Th., Schiffbau-Ingenieur, Lauenburg (Elbe), Schiffswerft und Maschinenfabrik.

Hoffert, M., Kaiserl. Marine-Oberbaurat, Bremen, Utbremerstrasse 60.

Holtz, R., Werftbesitzer, Harburg a. E.

Hölzermann, Fr., Kaiserl. Marine-Oberbaurat u. Schiffbau-Betriebsdirektor, Wilhelmshaven, Königstrasse 37.

Hossfeld, P., Geheimer Marine-Baurat und Schiffbau-Ressortdirektor, Danzig, Kaiserl. Werft.

205 Howaldt, G., Kommerzienrat, Kiel, Düsternbrook 75.

Howaldt jr., Georg, Ingenieur, Kiel.

Hüllmann, H., Kaiserl. Marine-Oberbaurat und Schiffbau-Betriebsdirektor, Kiel, Gerhardstrasse 31 I.

Ilgenstein, Ernst, Schiffbau-Ingenieur, Berlin-Wilmersdorf, Kaiserplatz 16.

Isakson, Albert, Schiffbau-Ingenieur, Inspektor des Brit. Lloyd, 34 Skeppsbron, Stockholm.

210 Jacobsen, Waldemar, Oberingenieur, Bergsunds Mek. Verkstads A. B., Stockholm.

Jaeger, Johs., Geheimer Marine-Baurat und Schiffbau-Ressortdirektor, Berlin W., Ansbacherstr. 26 II.

Jahn, Paul, Schiffbau-Oberingenieur, Dresden-Neustadt, Leipzigerstrasse 27.

Jahnel, A., Schiffbau-Oberingenieur, Vereinigte Elbschifffahrts-Gesellschaft, Radebeul b. Dresden, Bismarckstrasse 5.

Jänecke, Carl, Schiffbau-Ingenieur, Danzig, Pfefferstadt 72.

215 Janke, Paul, Kaiserl. Marine-Baurat und Schiffbau-Betriebsdirektor a. D., Generaldirektor, Kattowitz O.-S., Werk Ferrum.

Jappe, Fr., Betriebs-Ingenieur, Elbing, Aeusserer Mühlendamm 3.

Jensen, Alb., Schiffbau-Ingenieur, Oliva (Westpr.), Georgstrasse 10.

Jensen, Ernesto, Ingenieur, Rosslau (Anhalt).

Johannsen, W., Schiffbaumeister, Direktor der Danziger Schiffswerft und Maschinenbauanstalt Johannsen & Co., Danzig.

Johansen, P. C. W., Schiffbau-Ingenieur, Flensburg, Bauer Landstr. 11 I. 220

John, Max, Ingenieur, Gebr. Sachsenberg, Rosslau a. E.

Johns, H. E., Ingenieur, Hamburg, Admiralitätsstrasse 37 pt.

Johnson, Alex A., Schiffbau-Ingenieur, Newcastle on Tyne, Sandhill 14.

Jülicher, Ad., Schiffbau-Ingenieur, Bremen, Am Wall 62.

Jungclaus, E. W., Besichtiger des Germ. Lloyd, Bremerhaven. 225

Kagerbauer, Ernst, k. und k. Schiffbau-Oberingenieur III. Kl., Fachreferent für Schiffbau im k. und k. Reichs-Kriegsministerium (Marine-Sektion), Wien.

Kasch, Fr., Kaiserl. Marine-Oberbaurat und Schiffbau-Betriebsdirektor, Kiel, Feldstr. 10 pt.

Kasten, Max, Schiffbau-Ingenieur, Grabow a. O., Gustav Adolfstrasse 11 a.

Keil, Friedrich, k. und k. Maschinenbau-Oberingenieur II. Kl., Maschinenbau-Direktor des k. und k. Seearsenals, Pola.

Keiller, James, Oberingenieur, Göteborg. 230

Kell, W., Schiffsmaschinenbau-Ingenieur, Schiffswerft und Maschinenfabrik Akt.-Ges. vorm. Lange & Sohn, Riga.

Kern, Wilh., Schiffsmaschinenbau-Ingenieur, Kiel, Dammstrasse.

Keuffel, Aug., Maschinenb.-Oberingenieur d. Akt.-Ges. Weser, Bremen, Gartenweg 9a.

Kielhorn, Carl, Schiffbau-Ingenieur, Berlin-Schlachtensee, Terrassenstrasse.

Kiepke, Ernst, Maschinen-Ingenieur, Stettin, Poelitzerstr. 86. 235

Kindermann, B., Baurat, Mitglied des Kaiserl. Schiffsvermessungsamtes, Friedenau bei Berlin, Wielandstr. 28.

Klamroth, Gerhard, Kaiserl. Marine-Oberbaurat u. Maschinenbau-Betriebsdirektor, Kiel, Holtenauerstr. 144.

Klawitter, Fritz, Ingenieur u. Werftbesitzer, Danzig, i. F. J. W. Klawitter, Danzig.

Klawitter, Jul., Schiffbaumeister und Werftbesitzer, i. F. J. W. Klawitter, Danzig.

240 Kleen, J., Ingenieur, Tönning, Westerstr. 21.

Klug, George, Schiffbau-Ingenieur, Hamburg, Holzbrücke 5.

Kluge, Otto, Kaiserl. Marine-Baumeister, Kiel, Jägersberg 19a.

Klust, Herm., Ober-Ingenieur, Elbing, Berliner Chaussee 9.

Knaffl, A., Ingenieur, Dresden-A., Bendemannstrasse 13.

245 Knappe, H., Maschinenbau-Direktor, Neptunwerft, Rostock.

Knorr, Paul, Ingenieur, Kiel, Annenstr. 90.

Koch, Joh., Ingenieur, Wellingdorf bei Kiel.

Koch, W., Ing., Lübeck, K. Friedrichplatz 4.

Köhn von Jaski, Th., Kaiserl. Marine-Oberbaurat u. Maschinenbau-Betriebsdirektor, Wilhelmshaven, Kaiserl. Werft.

250 Kolbe, Chr., Werftbesitzer, Wellingdorf b. Kiel.

Kolkmann, J., Schiffsmaschinenb.-Ingenieur, Elbing, Brandenburgerstr. 15.

Konow, K., Kaiserl. Marine-Baumeister, Charlottenburg, Fasanenstr. 19.

Koop, F., Schiffbau-Ingenieur, Direktor der gewerblichen Schulen, Bremen, Herderstrasse 6.

Kopp, Herm., Schiffbau-Betriebs-Direktor, Kiel, Kirchhofallee 15.

255 Körner, Paul, Ingenieur, Danzig, Pfefferstadt 21 III.

Kraft de la Saulx, Ritter Johann, Chef-Ingenieur d. Gesellschaft John Cockerill, Seraing.

Krainer, Paul, Ingenieur, Elbing, Alter Markt 10—11.

Krell, H., Kaiserl. Marine-Baumeister, Kiel, Kaiserliche Werft.

Kremer, J. H., Schiffbau-Ingenieur, Elmshorn, Hafenstrasse 16.

260 Kretschmer, Otto, Kaiserl. Marine-Oberbaurat und Schiffbau-Betriebsdirektor, Berlin W., Köthenerstr. 24 II.

Kretzschmar, F., Schiffbau-Ingenieur, Schiffs- und Maschinenbau-Akt.-Ges. Mannheim in Mannheim, Nuitsstrasse 20 III.

Krieger, Ed., Kaiserl. Marine-Oberbaurat und Schiffbau-Betriebsdirektor, Langfuhr-Danzig, Kastanienweg 10.

Krüger, C., Direktor, Hamburg, Reiherstieg-Schiffswerfte und Maschinenfabrik.

Krüger, Ferd., Civil-Ingenieur, Altona, Kl. Gärtnerstrasse 143 II.

Kruft, F. L., Oberingenieur und Expert des Bureau Veritas, Material-Abnahme-Bevollmächtigter der Kaiserl. Deutschen Marine, Essen a. Ruhr. 265

Kruth, Paul, Maschinen-Ingenieur, Dresden-Neustadt, Leipzigerstr. 40 II.

Kuck, Franz, Kaiserl. Marine-Baumeister, Kiel, Kaiserl. Werft.

Kühne, Ernst, Ingenieur, Langfuhr b. Danzig, Eschenweg 2.

Kuschel, W., Schiffbau-Ingenieur, Stettin, Grabowerstr. 6 II.

Laas, Walter, Professor für Schiffbau an der Kgl. Techn. Hochschule, Berlin W. 15. 270

Lampe, Kaiserl. Marine-Baumeister, Wilhelmshaven, Wallstrasse 28 I.

Lange, J. W., Ingenieur, Direktor der Schiffswerft und Maschinenfabrik Akt.-Ges. vorm. Lange & Sohn, Riga.

Lange, Leo, Betriebs-Ingenieur der Schiffswerft und Maschinenfabrik Akt.-Ges. vorm. Lange & Sohn, Riga, Schiffsstr. 44.

Lechner, E., Kaiserl. Marine-Baumeister a. D., Generaldirektor, Köln-Bayenthal, Alteburgerstr. 357.

Lehr, Julius, Regierungs-Baumeister, Breslau, Königsplatz 3 b. 275

Leux, Carl, Schiffbau-Ingenieur, Bureauchef bei F. Schichau, Elbing.

Lex, Karl, Schiffbau-Ingenieur der Stettiner Maschinenb.-Akt.-Ges. Vulcan, Bredow-Stettin.

Libbertz, Otto, Generaldirektor, Rendsburg.

Liddell, Arthur R., Schiffbau-Ingenieur, Charlottenburg, Herderstr. 14.

Lilliehöök, H. H., Chef-Konstrukteur der Kgl. Schwed. Marine, Stockholm, Linnégatan 22. 280

v. Lindern, Kaiserl. Marine-Baurat a. D., Berlin W., Burggrafenstr. 11.

Lindfors, A. H., Ingenieur, Göteborg, Skeppsbron 4.



Lipkow, Herm., Ingenieur, Rosslau a. E., Dessauerstr. 47.

Lippold, Fr., Schiffbau-Ingenieur, Stettin, Grabowerstr. 3 II.

285 Loder, C. L., Schiffbau-Direktor der Königl. Niederländischen Marine, s'Gravenhage, Laan van Meerdervoort 137.

Löfstrand, Gust. L., Schiffbau-Ingenieur, Stettin, Gustav Adolfstr. 5.

Lösche, Joh., Kaiserl. Marine-Baumeister, Kiel, Hohenbergstr. 11 II.

Losehand, Fritz, Maschinen-Ingenieur, Kiel, Germania-Werft.

Ludewig, Otto, jr., Schiffbaumeister, Rostock, Schiffswerft beim Wendenthor.

290 Ludwig, E., Ingenieur, Grabow, Töpferparkstr. 1 II.

Lundholm, O. E., Professor d. Königl. Techn. Hochschule, Stockholm, Thulegatan 27.

Lühring, F. W., Schiffbau-Oberingenieur, Bremerhaven, Langestr. 32 II.

Mainzer, Bruno, Schiffbau-Ingenieur, Elbing, Alter Markt 9 a.

Malisius, Paul, Kaiserl. Marine-Baumeister, Langfuhr-Danzig, Am Johannisberg 19.

295 Markwart, Th., Ingenieur, Stettin, Bollwerk 12/14.

Martens, Rud., Kaiserl. Marine-Baumeister, Kiel, Gerhardstrasse 49 pt.

Mechlenburg, K., Kaiserl. Marine-Oberbaurat, Elbing.

van Meerten, Henrik, Oberingenieur der Königl. Niederl. Marine a. D., Buitenzorg, Java.

Mehlis, H., Dr.-Ing., Kgl. Regierungs-Baumstr. a. D., Berlin W., Wittenbergplatz 2.

300 Meifort, Joh., Ingenieur, Hamburg, Bergstrasse 6.

Meinke, Aug., Ingenieur, Kiel, Königsweg 29.

Meldahl, K. G., Schiffbau-Direktor der Aktieselskabet Burmeister u. Wain, Kopenhagen, Malmögade 9.

Menier, Gaston, Civilingenieur, Paris, Rue de Châteaudun 15.

Merten, Paul, Ingenieur, Hamburg, Banksstrasse 6 II.

305 Meyer, F., Schiffbau-Ingenieur, Friedenau b. Berlin, Hähnelstr. 16 III.

Meyer, F., Schiffbau-Ingenieur, Stett. Maschb.-Akt.-Ges. Vulcan, Betriebsbureau, Bredow-Stettin.

Meyer, Franz, Jos., Schiffbau-Ingenieur, i. Fa. Jos. L. Meyer, Papenburg.

Meyer, Johs., Kaiserl. Marine-Baumeister, Wilhelmshaven, Kaiserstrasse 72.

Meyer, Jos. L., Schiffbaumeister, Papenburg.

Michael, Alfred, Oberingenieur, Bremen, 310
Nordd. Maschinen- und Armaturen-Fabrik.

Michelbach, Jos., Schiffsmaschinenbau-Ingenieur, Hamburg, Kirchenallee 26.

Milde, Fritz, Schiffbau-Ingenieur, Stettin, Deutschestrasse 57 I.

Misch, Ernst, Civil-Ingenieur, Halensee bei Berlin, Georg Wilhelmstr. 1.

Misdorf, J., Direktor der Stettiner Oderwerke, Grabow a. O., Burgstrasse 11.

Möller, J., Schiffbaumeister, Rostock, 315
Friedrich Franzstrasse 36.

Möller, W., Oberingenieur, Neustadt a. d. Haardt, Guilleaume-Werke.

Mötting, Emil, Ingenieur, Dampfschiffahrts-Gesellschaft Argo, Bremen.

Moszeick, Anton, Schiffbau-Ingenieur, Kaiserl. Schiffs-Vermessungsamt, Berlin NW. 87.

Müller, A. C. Th., Ingenieur und Prokurist der Firma F. Schichau, Elbing.

Müller, Carl, Schiffbau-Ingenieur, Berlin NW., 320
Reichstagsufer 16, Germ. Lloyd.

Müller, Ernst, Diplom-Schiffbau-Ingenieur, Oberlehrer am Technikum Bremen, Rheinstrasse 6 pt.

Müller, Gust., Schiffbau-Ingenieur, Kiel, Unterstrasse 30.

Müller, Paul, Schiffsmaschinenbau-Ingenieur, Wilhelmshaven, Kurzestrasse 44.

Müller, Rich., Kaiserl. Marine-Baumeister, Wilhelmshaven, Adalbertstrasse 12.

Müller, Wenzel, k. und k. Oberster Ma- 325
schinenbau-Ingenieur i. R., Pola.

Nagel, Joh. Theod., Schiffsmaschinenbau-Ingenieur, Hamburg, Glashüttenstrasse 5 p.

Nawatzki, V., Direktor des Bremer Vulkan, Vegesack.

Neudeck, Georg, Kaiserl. Marine-Baumeister, Kiel, Karlstr. 42.

Neukirch, Fr., Civilingenieur, Maschineninspektor des Germanischen Lloyd, Bremen, Dobben 17.

330 Neumann, W., Kaiserl. Marine-Baumeister, Wilhelmshaven, Göckerstrasse 15.

Neumeyer, W., Ingenieur des Nordd. Lloyd, Bremerhaven, Mittelstrasse 2.

Nixdorf, Osw., Betriebsingenieur des Nordd. Lloyd, Stettin, Kronenhofstrasse.

Nordhausen, Fr., Schiffbau-Oberingenieur, Hamburg-Hamm, Jordanstrasse 25.

Normand, J. A., Ingénieur-Constructeur, Le Havre (Seine Inférieure).

335 Nott, W., Geheimer Marine-Baurat und Maschinenbau-Ressortdirektor, Wilhelmshaven, Kaiserl. Werft.

Nüscke, Joh., Schiffbaumeister, Grabow a. O., Burgstr. 1.

Oertz, Max, Jacht-Konstrukteur, Neuhof am Reiherstieg, Hamburg.

Oestmann, C. H., Schiffsmaschinenbau-Ingenieur, Elbing, Traubenstr. 2 I.

Ortlepp, Max W., Schiffbau-Ingenieur, Elbing, Sonnenstr. 76 pt.

340 Otto, H., Schiffbau-Ingenieur, Hamburg St. P., Annenstr. 18.

Overbeck, Paul, Schiffbau-Ingenieur, Bremen, Walter-Chaussee 100.

van Overbeeke, Adrian, Oberingenieur, Budapest, Leopoldsring 16.

Pagel, Carl, Professor, Techn. Direktor des Germanischen Lloyd, Berlin W. 50, Nürnbergerstrasse 33.

Paradies, Reinh., Ingenieur, Hamburg, Eckernförderstrasse 66 II.

345 Paulus, K., Kaiserl. Marine-Baumeister, Berlin W. 30, Münchenerstr. 48.

Peters, Karl, Ingenieur, Kiel, Lerchenstr. 15.

Petersen, Otto, Kaiserl. Marine-Baumeister, Berlin W., Kalckreuthstr. 7.

Petersen, Pehr Wilh., Kgl. Marineingenieur, Marineförvaltningens, Ingenieurafdelning, Stockholm.

Peuss, Franz, Schiffbau-Ingenieur, Bremerhaven, Fährstr. 26.

Peuss, Otto, Werftbesitzer, i. Fa. Nüscke & Co., 350
Stettin, Poststrasse 28 I.

Piaud, Léon, Ingenieur i. Hause Delaunay-Belleville & Cie., Chatou (Seine et Oise), Boulevard de la République 8.

Pihlgren, Johan, vorm. Schiffbaudirektor der Kgl. Schwed. Marine, Ministerialdirektor, Stockholm, Carlavågen 28.

Pilatus, Rich., Kaiserl. Marine-Baumeister, Kiel, Kaiserl. Werft.

Plehn, Gerhard, Kaiserl. Marine-Oberbaurat und Maschinenbau-Betriebsdirektor, Wilhelmshaven, Kaiserl. Werft.

Poeschmann, C. R., Ingenieur, Bremer- 355
haven, Deichstrasse 180.

Pohl, Robert, Ober-Ingenieur, Hamburg, Grosse Reichenstrasse 27, Afrikahaus.

Pophanken, Dietrich, Kaiserl. Marine-Baumeister, Berlin W., Motzstr. 30.

Popper, Siegfried, k. und k. General-Schiffbau-Ingenieur, Vorstand d. 1. Abteil. d. Marine-Techn. Komitees, Pola.

Potyka, Ernst, Schiffbau-Betriebs-Ingenieur der Germania-Werft, Kiel-Gaarden, Jahnstrasse 9 II.

Presse, Paul, Kaiserl. Marine-Baumeister, 360
Langfuhr b. Danzig, Jäschkenthalerweg 26a.

Prunner, F. W., Techn., Direktor d. Société Anonyme de Wiborg (Finland).

Prusse, G., Schiffbau-Ingenieur, Kiel, Lerchenstrasse 20.

Putscher, Heinr., Schiffbau-Oberingenieur, Bremerhaven, Deichstr. 89 II.

Raben, Friedr., Schiffbaumeister a. D., Hamburg, Innocentiastr. 21.

Radermacher, Carl, Schiffbau-Ingenieur, 365
Godesberg b. Bonn, Augustastr. 20.

v. Radinger, Carl Edler, Ingenieur, Stettin, Friedrich Carlstr. 38.

Radmann, J., Schiffbau-Ingenieur, Hamburg, Werderstr. 25.

Rahn, F. W., Schiffbau-Ingenieur, Kiel Knooperweg 125.

Rammetsteiner, Moritz, k. u. k. Maschinenbau-Oberingenieur I. Kl., Pola, Marinetechnisches Komitee.



370 **Rauchfuss**, Marine-Oberbaurat a. D., Werftdirektor, Kiel-Gaarden.

Rea, Harry E., Schiffbau-Ingenieur, Whitley Bay, Park Avenue 10, England.

Rechea, Miguel, Ingénieur de la Marine, Constructeur naval, Cadiz, Isabel la Catolica, 2 Prâl.

Reimers, H., Kaiserl. Marine-Baumeister, Wilhelmshaven, Kaiserliche Werft.

Reitz, Th., Kaiserl. Marine-Oberbaurat und Maschinenbau-Betriebsdirektor, Wilhelmshaven, Adalbertstr. 8.

375 **Renner**, Wilh., Werftbetriebsleiter, Rotterdam, Varkenvordsche Gade 62.

Richmond, F. R., Direktor, i. Fa. G. & J. Weir Ltd. Holm-Foundry, Cathcart bei Glasgow.

Rickmers, A., Vorsitzender des Aufsichtsrates der Rickmers-Schiffswerft, Bremen.

Riechers, Carl, Schiffsmaschinenbau-Ingenieur, Elbing, Am Lustgarten 14.

Rieck, Ch., Ingenieur des Brit. Lloyd, Hamburg, Eimsbüttler Chaussee 141 I.

380 **Rieck**, John, Ingenieur, Mitinhaber der Werft von Heinr. Brandenburg, Hamburg, Eimsbüttel, Tornquiststrasse 32.

Rieck, Rud., Ingenieur, Oberinspektor der Sloman-Linie, New-York, 159 Midwood-street, Flatbush, Brooklyn.

Riehn, W., Geh. Regierungsrat u. Professor, Hannover, Taubenfeld 19.

Riess, O., Dr. phil., Kaiserl. Regierungsrat, Charlottenburg, Friedbergstr. 16.

Roedel, Georg, Schiffsmaschinenbau-Ingenieur, Germaniawerft, Kiel-Gaarden.

385 **Rosenberg**, Conr., Maschinenbau-Oberingenieur, Geestemünde, Joh. C. Tecklenborg, Akt.-Ges.

Rosenstiel, Rud., Schiffbau-Ingenieur, Hamburg, Rothenbaum-Chaussee 77.

Roters, F., Direktor der Blake Pumpen Comp. G. m. b. H., Hamburg, Hansastr. 72.

Rothe, Rud., Maschinenbau-Ingenieur, Stett. Maschinenb.-Akt.-Ges. Vulcan, Bredow, Stettin.

Rottmann, Alf., Schiffbau-Ingen., Berlin NW., Kaiserl. Schiffs-Vermessungsamt.

390 **Rudloff**, Johs., Geheimer Marine-Ober-Baurat und vortragender Rat im Reichs-Marine-Amt, Berlin W. 50, Marburgerstr. 16.

Rusch, Fr., Oberingenieur, Papenburg, Bahnhofstrasse.

Rusitska, Fr., Ingenieur, Elbing, Wallstr. 8 II. Speicher-Insel.

Sachse, Theodor, Ingenieur, Germaniawerft, Kiel-Gaarden.

Schaefer, Karl, Ingenieur, Langfuhr bei Danzig, Hauptstrasse 97.

Schenk, Otto, Schiffsmaschinenbau-Ingenieur, 395 Wilhelmshaven, Kaiserstrasse 124.

Scheurich, Th., Kaiserl. Marine-Baumeister, Wilhelmshaven, Roonstrasse 82.

Schirmer, C., Kaiserl. Marine-Baurat, Altona, Wohlers-Allee 11.

Schlick, Otto, Konsul, Direktor des Germanischen Lloyd, Hamburg, Rathausmarkt 8.

Schlüter, Chr., Ingenieur, Stettiner Maschb.-Akt.-Ges. Vulcan, Bredow.

Schlueter, Fr., Marine-Bauinspektor a. D., 400 Techn. Direktor der Röhrenkesselfabrik Dürr, Düsseldorf, Göthestrasse 22.

Schmidt, Eugen, Kaiserl. Marine-Oberbaurat und Schiffbau-Betriebsdirektor, Kiel, Waitzstrasse 33.

Schmidt, Harry, Kaiserl. Marine-Baumeister, Langfuhr b. Danzig, Johannisblatt 20.

Schnack, S., Ingenieur, Flensburg, Grossestrasse 48.

Schnapauff, Wilh., Professor der Königl. Techn. Hochschule Danzig. Langfuhr b. Danzig, Heiligenbrunnerweg 6.

Schneider, F., Schiffbau-Ingenieur, Hamburg-Hamm, Mittelstrasse 48. 405

Schnell, J., Ingenieur, Ruhrort.

Schömer, W., Werftbesitzer, Tönning.

Schönherr, Paul, Ingenieur, Germaniawerft, Kiel-Gaarden.

Schroeder, O., Ingenieur, Stettin, Gustav Adolfstrasse 9 II.

Schubart, O., Ingenieur, Germaniawerft, 410 Kiel-Gaarden.

Schubert, Ernst, Maschinenbau-Techniker, Elbing, Innerer Georgendamm 9.

Schubert, E., Schiffbau-Ingenieur, Werft von Heinr. Brandenburg, Hamburg, Steinwärder.

Schultenkämper, Fr., Betriebs-Ingenieur Hamburg, Bundesstrasse 10 I.

Schulthes, K., Direktor der Siemens-Schuckertwerke. Kaiserl. Marine-Baumeister a. D., Berlin NW., Reichstagsufer 10.

415 Schultz, Alwin, Schiffsmaschinenbau-Ingenieur, Werft von Joh. C. Tecklenborg, Akt.-Ges., Geestemünde.

Schultz, Hans L., Direktor und Vorstand der Nordseewerke, Emder Werft und Dock, A.-G., Emden.

Schultze, Ernst, Ingenieur, Kiel, Lübecker Chaussee 26.

Schulz, R., Direktor, Berlin NW., Flensburgerstrasse 2.

Schulz, Rich., Ingenieur, Werft von F. Schichau, Danzig.

420 Schulze, Bernhard, Ingenieur und Masch.-Inspektor des Germanischen Lloyd, Düsseldorf, Wagnerstrasse 29.

Schulze, Fr. Franz, Schiffbau-Ingenieur, Mülheim a. Rh., Franzstrasse 5 II.

Schumacher, C., Schiffbau-Ingenieur, Hamburg, Bernhardstrasse 10.

Schunke, Geheimer Regierungsrat, Vorstand des Kaiserl. Schiffsvermessungsamtes, Charlottenburg, Fasanenstrasse 21.

Schütte, Joh., Professor für Schiffbau an der Königl. Techn. Hochschule, Danzig.

425 Schwartz, L., Schiffbau-Oberingenieur, Stettin, Kronenhofstrasse 10 I.

Schwarz, Tjard, Kaiserl. Marine-Oberbaurat und Schiffbau-Betriebsdirektor, Wilhelmshaven, Adalbertstrasse 3 a.

Schwerdtfeger, Schiffbau-Oberingenieur, bei J. W. Klawitter, Danzig.

Seidler, Hugo, Schiffbau-Ingenieur, Berlin NW., Schumannstrasse 2 pt.

Sievers, C., Ingenieur, Hamburg, Paulspl. 12.

430 Smit, P., jr., Besitzer und Leiter der Schiffswerft und Maschinenfabrik Industrie, Rotterdam.

Smitt, Erik, Extra Marineingenieur, Stockholm, Kungl. Marineförvaltningen.

Södergren, Ernst, Schiffsmaschinenbau-Ingenieur, Stettin, Birkenallee 30.

Soliani, Nabor, Direktor der Werft Gio Ansoldo, Armstrong & Co., Sestri Ponente.

Sombeek, C., Oberingenieur und Prokurist der Nordseewerke, Emder Werft- und Dock-A.-G., Walthusen b. Emden.

Spieckermann, L., Ingenieur, Hamburg, Hafenstrasse 118 II. 435

Staeding, Hugo, Marine-Bauführer a. D., Civilingenieur, Camden, 569 Stevens Street.

Stammel, J., Ingenieur, Hamburg, Hansastrasse 19 I.

Steck, R., Oberingenieur, Stettin, Grabowerstrasse 5 III.

Steen, Chr., Maschinen-Fabrikant, Elmshorn, Gärtnerstrasse 91.

Steinbeck, Friedr., Ingenieur, Rostock, Patriotischer Weg 100. 440

Stellter, Fr., Schiffbau-Ingenieur, Dietrichsdorf bei Kiel, Heickendorferweg 41.

Stockhusen, Schiffbau-Ingenieur, Bremerhaven, Lange's Dock.

Stolz, E., Schiffbau-Ingenieur, Lübeck, Israelsdorfer Allee 22.

Strache, A., Kaiserl. Marine-Baumeister, Wilhelmshaven, Kaiserstrasse 15.

Strebel, Carlos, Schiffsmaschinenbau-Ingenieur, Stettin, Kaiser Wilhelmstrasse 67. 445

Strüver, Arnold, Schiffsmaschinenbau-Ingenieur d. Nordd. Lloyd, Bremerhaven, Mittelstrasse 3a II.

Stülcken, J. C., Schiffbaumeister, i. Fa. H. C. Stülcken Sohn, Hamburg, Steinwärder.

Swensen, Gunder, Direktor der Akers Werft, Christiania.

Süssenguth, H., Kaiserl. Marine-Baumeister, Kiel, Kaiserl. Werft.

Süssenguth, W., Schiffsmaschinenbau-Ingenieur, Werft von F. Schichau, Elbing. 450

Täge, Ad., Schiffbau-Ingenieur, Stettin, Birken-Allee 12 III.

Techel, H., Schiffbau-Ingenieur, Kiel, Ziegelteich 14 I.

Teucher, J. S., Oberingenieur der Germaniawerft, Kiel, Knooperweg 74.

Thämer, Carl, Geh. Marine-Baurat und Maschinenbau-Ressort-Direktor, Berlin W. 50, Fürtherstrasse 11.

Thiel, Josef, k. und k. Schiffbau-Obering. a. D., Direktor der Stabilimento tecnico triestino, Triest. 455

Thrändorf, Paul, Betriebs-Ingenieur, Stettin, Birken-Allee 8.

Timm, A., Schiffbau-Ingenieur, Hamburg, Admiralitätsstrasse 52 II.

Totz, Richard, k. u. k. Maschinenbau-Oberingenieur III. Kl., Wien, k. u. k. Reichs-Kriegsministerium, Marine-Sektion.

Toussaint, Heinr., Oberingenieur bei Blohm & Voss, Hamburg St. P., Wilhelminenstrasse 1 II.

460 Treplin, Wilhelm, Schiffbau-Ingenieur, Berlin NW. 52, Paulstrasse 28.

Truhlsen, H., Geheimer Baurat, Friedenau, Moselstr. 7.

Turk, P. J., Oberingenieur der Königl. Niederländischen Marine, Willemsoord, Helder.

Tuxen, J. C., Schiff- und Maschinenbau-Direktor, Orlogsvarftet, Kopenhagen.

Ullrich, J., Civil-Ingenieur, Hamburg, Steinhöft 3 II.

465 Ulm, Johann, k. und k. Oberster Maschinenbau-Ingenieur, Vorstand der II. Abt. des K. und k. Marinetechn. Komitees, Pola.

Unger, R., Direktor, Akt.-Ges. Weser, Bremen.

Uthemann, Fr., Geh. Marine-Baurat und Maschinenbau-Ressortdirektor, Langfuhr bei Danzig. Heiligenbrunner Weg 6.

van Veen, J. S., Oberingenieur der Königl. Niederländischen Marine, s'Gravenhage, Adelheidstraat 81.

Veith, R., Geheimer Marine-Baurat und Maschinenbau-Ressortdirektor, Kiel, Niemannsweg 38.

470 Viereck, W., Ingenieur, Kiel, Preusserstr. 1.

Vogeler, H., Kaiserl. Marine-Baumeister, Kiel, Wall 1 II.

Vollert, Ph. O., Schiffbau-Ingenieur, Kiel, Sammstr. 21.

Voss, Ernst, i. Fa. Blohm & Voss, Hochkamp bei Kl. Flottbeek, Holstein.

Wahl, Herm., Kaiserl. Marine-Baumeister, Wilhelmshaven, Kaiserl. Werft.

475 Walter, M., Schiffbau-Oberingenieur, Bremen, Nordd. Lloyd, Zentralbureau.

Walter, W., Schiffbau-Ingenieur, Grabow a. O., Poststrasse 27.

Weir, William, Direktor, i. Fa. G. & J. Weir Ltd. Holm-Foundry, Cathcart b. Glasgow.

Weiss, Georg, Kaiserl. Marine-Baumeister, Gaarden bei Kiel, Schönebergerstrasse 33.

Weiss, Otto, Ingenieur, Charlottenburg, Schlossstrasse 67 d.

Wellenkamp, Herm., Kaiserl. Marine-Baumeister, Kiel, Kaiserl. Werft. 480

Wendenburg, H., Kaiserl. Marine-Bauführer, Wilhelmshaven, Ostfriesenstrasse 73.

Werner, A., Schiffbau-Ingenieur, Hamburg, gr. Bleichen 76 II.

Wiebe, Ed., Schiffsmaschinenbau-Ingenieur, Werft von F. Schichau, Elbing.

Wiesinger, W., Geheimer Marine-Baurat und Schiffbau-Ressortdirektor, Kiel-Gaarden, Kaiserl. Werft.

Wiking, And. Fr., Schiffbau-Ingenieur, Stockholm, Slussplan 63 b. 485

Wilda, Herm., Ingenieur und Oberlehrer für Maschinenbau, Bremen, Rheinstrasse 3.

Willemsen, Friedrich, Schiffbau-Ingenieur und Besichtiger des Germanischen Lloyd, Düsseldorf, Kaiser Wilhelmstr. 38.

William, Curt, Kaiserl. Marine-Baumeister, Kiel, Schwanenweg 27.

Wilson, Arthur, Schiffbau-Oberingenieur, Grabow a. O., Burgstr. 11.

Winter, M., Schiffsmaschinenbau-Ingenieur, Hamburg, St. P., Paulinenstrasse 16 III. 490

Wippern, C., Ingenieur des Norddeutschen Lloyd, Bremerhaven.

Witte, Gust. Ad., Schiffbau-Ingenieur, Werft von Heinr. Brandenburg, Hamburg, Steinwärder.

Worsoe, W., Ingenieur, Germaniawerft, Kiel-Gaarden.

Wulff, D., Ober-Inspektor der D. D. Ges. Hansa, Bremen, Altmannstrasse 34.

Wys, Fr. S. C. M., Oberingenieur der Königl. Niederländischen Marine, C. 42, Hellevoetsluis. 495

Zahn, Dr. G. H. B., Oberingenieur, Berlin N., Chausseestrasse 17/18.

Zarnack, M., Geh. Regierungsrat und Professor, Berlin W., Kurfürstenstr. 15.

Zeiter, F., Ingenieur und Oberlehrer am Technikum Bremen, Bülowstrasse 22.

Zeitz, Oberingenieur, Kiel, Karlstrasse 38.

500 Zeltz, A., Schiffbau - Direktor, Akt. - Ges. Weser, Bremen, Olbersstrasse 12.

Zetzmann, Ernst, Schiffbau - Ingenieur, Bremen, Krefelderstr. 26.

Zimnic, Josef Oscar, k. und k. Maschinenbau-Ingenieur 1. Klasse, Budapest, Szobi-utcza 4.

Zirn, Karl A., Direktor der Schiffswerft und Maschinenfabrik vorm. Janssen & Schmilinsky A.G., Hamburg, Sophienstr. 38 II, St. P.

Zöpf, Th., Schiffsmaschinenbau - Ingenieur der Schiffswerft und Maschinenfabrik Akt.-Ges. vorm. Lange & Sohn, Riga.

Zweig, Heinrich, k. und k. Schiffbau-Ober- 505
ingenieur II. Kl., Schiffbau-Direktor im k. und k. Seearsenal, Pola.

II. Mitglieder.

a) Lebenslängliche Mitglieder:

Achelis, Fr., Konsul, Vicepräsident des Norddeutschen Lloyd, Bremen, Am Dobben 25.

Arnhold, Eduard, Geheimer Kommerzienrat, Berlin W., Französischestrasse 60/61.

Borsig, Ernst, Kommerzienrat und Fabrikbesitzer, Berlin N., Chausseestrasse 6.

Boveri, W., i. Fa. Brown, Boveri & Cie., Baden (Schweiz).

510 Brügmann, Wilh., Kommerzienrat, Hüttenbesitzer und Stadtrat, Dortmund, Bornstrasse 23.

Edye, Alf., i. Fa. Rob. M. Sloman jr., Hamburg, Baumwall 3.

Fehlert, Carl, Civilingenieur und Patentanwalt, Berlin NW., Dorotheenstrasse 32.

Flohr, Carl, Ingenieur und Fabrikbesitzer, Berlin N. 4, Chausseestrasse 28b.

v. Guilleaume, Max, Kommerzienrat, Köln, Apostelnkloster 23.

515 Haubold, Carl, Kommerzienrat, Fabrikbesitzer, Chemnitz.

Heckmann, G., Fabrikbesitzer, Berlin W. 62, Maassenstr. 29.

Heckmann, Paul, Kommerzienrat, Berlin W. 35, Ulmenstrasse 2.

Heimann, Augustus, Fabrikbesitzer, Charlottenburg, Schillerstrasse 121/122.

v. Hewald, Max, Freiherr, Rittergutsbesitzer auf Podewils in Pommern.

von der Heydt, August, Freiherr, General- 520
konsul und Kommerzienrat, Elberfeld.

Huldschinsky, Oscar, Fabrikbesitzer, Berlin W. 10, Matthäikirchstrasse 3a.

Jacobi, C. Adolph, Konsul, Bremen, Mozartstrasse 10.

Kessler, E., Direktor der Mannheimer Dampfschiffahrts-Gesellschaft Mannheim, Parkring 27/29.

Kiep, Johannes N., Kaiserl. Deutscher Konsul, Glasgow, 128 St. Vincent Street.

Knaudt, O., Hüttendirektor, Essen a. Ruhr, 525
Juliusstrasse 10.

Küchen, Gerhard, Reeder, Mülheim a. d. Ruhr.

v. Linde, Dr. Carl, Professor, Thalkirchen b. München.

Loesener, Rob. E., Schiffsreeder, i. Fa. Rob. M. Sloman & Co., Hamburg, Alter Wall 20.

Märklin, Ad., Generaldirektor, Borsigwerk, Oberschlesien.

Meister, C., Direktor der Mannheimer Dampf- 530
schiffahrts-Gesellschaft, Mannheim.

Meuthen, Wilhelm, Direktor der Rheinschiffahrts - Aktien - Gesellschaft vorm. Fendel, Mannheim.

Moleschott, Carlo H., Ingenieur, Konsul der Niederlande, Rom, Via Volturno 58.

v. Oechelhaeuser, Wilh., Dr. Ing., Generaldirektor, Dessau.



Oppenheim, Franz, Dr. phil., Fabrikdirektor, Wannsee, Friedrich Carlstrasse 24.

535 Palmié, Heinr., Kommerzienrat, Dresden-Altstadt, Hohestrasse 12.

Pintsch, Albert, Fabrikbesitzer, Berlin O., Andreasstrasse 72/73.

Plate, Geo, Präsident des Norddeutschen Lloyd, Bremen.

Ravené, Kommerzienrat, Berlin C., Wallstrasse 5/8.

Riedler, A., Dr. Ing., Geh. Regierungsrat und Professor, Charlottenburg, Königl. Techn. Hochschule.

540 Rinne, H., Hüttendirektor, Essen a. Ruhr, Kronprinzenstrasse 17.

Rodenacker, Theodor, Reeder, Langfuhr bei Danzig, Hauptstr. 90.

Roer, Paul G., Vorsitzender im Aufsichtsrate der Nordseewerke, Emder Werft und Dock Aktien-Gesellschaft zu Emden, Rastede b. Oldenburg.

Schlutow, Alb., Geheimer Kommerzienrat, Stettin, Rossmarkt 1.

Selve, Gust., Geheimer Kommerzienrat, Altena (Westf.).

v. Siemens, Wilh., Fabrikbesitzer, Berlin SW., 545
Markgrafenstrasse 94.

Simon, Felix, Rentier, Berlin W., Matthäikirchstrasse 31.

Siveking, Alfred, Dr. jur., Rechtsanwalt, Hamburg, Gr. Theaterstrasse 35.

Sinell, Emil, Ingenieur, Berlin SW., Lindenstrasse 16/17.

v. Skoda, Karl, Ingenieur, Pilsen, Ferdinandstrasse 10.

Smidt, J., Konsul, Kaufmann, in Fa. Schröder, 550
Smidt u. Co., Bremen, Sögestrasse 15 A.

Stahl, H. J., Dr. Ing., Kommerzienrat, Direktor der Stettiner Maschb.-Akt.-Ges. Vulcan, Bredow.

Stinnes, Gustav, Reeder, Mülheim a. Ruhr.

Traun, H. Otto, Fabrikant, Hamburg, Meyerstrasse 60.

Ulrich, R., Verwaltungs-Direktor des Germanischen Lloyd, Berlin NW., Reichstagsufer 16.

Wiegand, H., Dr. jur., Generaldirektor d. 555
Nordd. Lloyd, Bremen, Papenstrasse 5/6.

Woermann, Ed., Konsul und Reeder, i. Fa. C. Woermann, Hamburg, Gr. Reichenstrasse 27.

b) Ordnungsmässige Mitglieder:

Abé, Rich., Ingenieur, Annen (Westf.).

Abel, P., Ingenieur, Düsseldorf, Kurfürstenstrasse 49.

Abel, Rud., Geheimer Kommerzienrat, Stettin, Heumarkt 5.

560 Achgelis, H., Ingenieur u. Fabrikbesitzer, Geestemünde, Dockstrasse 9.

Ahlborn, Friedrich, Professor, Dr. phil., Oberlehrer, Hamburg 24, Mundsburgerdamm 63 III.

v. Ahlefeld, Kontre-Admiral, Direktor des techn. Departements im Reichs-Marine-Amte, Berlin W., Viktoria Luise-Platz 6.

Ahlers, O. J. D., Direktor, Bremen, Parkstrasse 40.

Amsinck, Arnold, Reeder, i. Fa. C. Woermann, Hamburg, Gr. Reichenstrasse 27.

Amsinck, Th., Direktor der Hamburg-Süd- 565
amerikan. Dampfschifffahrts-Gesellschaft, Hamburg, Holzbrücke 8 I.

Arenhold, L., Korvetten-Kapitän a. D., Kiel, Düsternbrook 104.

v. Arnim, V., Vice-Admiral, Excellenz, Inspekteur des Bildungswesens der Marine, Kiel.

Arntzen, A., Techn. Direktor der Central-Akt.-Ges. f. Tauerei u. Schleppschifff., Ruhrort.

Ascher, Kapitän zur See z. D., Bibliothekar der Marine-Akademie und -Schule, Kiel.

Baare, B., Kommerzienrat, Berlin NW. 40, 570
Alsenstrasse 8.

Baare, Fritz, Kommerzienrat, Generaldirektor des Bochumer Vereins, Bochum.

Bahr, Johann, Fabrikbesitzer, Altona, Palmaille 77.

Ballin, General-Direktor der Hamburg-Amerika-Linie, Hamburg, Alsterdamm.

Barandon, C., Kontre-Admiral a. D., Kiel, Niemannsweg 67a.

575 Baumann, M., Walzwerks-Chef, Burbach a. S., Hochstrasse 17.

Becker, J., Fabrikdirektor, Kalk b. Köln.

Becker, Theodor, Ingenieur, Berlin NO., Elbingerstrasse 15.

Beehler, William H., Commander, U. S. Navy, Annapolis U. S. A., College Avenue.

Behrens, Karl, Bergrat und Generaldirektor, Herne i. W.

580 Benkert, Hermann, Oberingenieur, Chemnitz, Reichsstrasse 38.

Bergner, Fritz, Kaufmann, Düsseldorf, Graf Adolfstrasse 71.

Berndt, Franz, Kaufmann und Stadtrat, Swinemünde, Lootsenstrasse 51 I.

Bier, A., Amtlicher Abnahme-Ingenieur, St. Johann a. d. Saar, Kaiserstrasse 30.

Bierans, S., Ingenieur, Bremerhaven, Sielstrasse 39 I.

585 von Bippen, Arn., Kaufmann, Hamburg, Admiralitätsstrasse 52.

Bluhm, E., Fabrikdirektor, Berlin S., Ritterstrasse 12.

Blumenfeld, Bd., Kaufmann und Reeder, Hamburg, Dovenhof 77/79.

Boner, Franz A., Dr. jur., Dispacheur, Bremen, Börsennebengebäude 24.

Borja de Mozota, A., Direktor des Bureau Veritas, Paris, 8 Place de la Bourse.

590 Blumberg, Richard, Baumeister und Architekt, Berlin W., Schellingstrasse 16.

Böcking, Rudolph, Kommerzienrat, Halbergerhütte b. Brebach a. d. Saar.

Böger, M., Direktor der Vereinigten Bugsier- und Frachtschifffahrt-Gesellschaft, Hamburg, Steinhöft 3.

Bramslöw, F. C., Reeder, Hamburg, Admiralitätsstrasse 33/34.

Brand, Robert, Fabrikant, Remscheid-Hasten.

595 Braun, Dr. F., Professor, Direktor des Physikal. Instituts an der Universität Strassburg i. E.

Bremermann, Joh. F., Lloyd-Direktor, Bremen.

Breuer, L. W., Ingenieur, i. Fa. Breuer, Schumacher & Co., Kalk b. Köln a. Rh., Hauptstrasse 315.

Briede, Otto, Ingenieur, Direktor der Benrather Maschinenfabrik-Akt.-Ges., Benrath b. Düsseldorf.

Broström, Dan, Schiffsreeder, Göteborg.

Bröckelmann, Ernst, Generaldirektor a. D., 600 Ponta Delgada, Insel St. Michael, Azoren, Kaiserl. Deutsches Konsulat.

Brunner, Karl, Ingenieur, Mannheim, Rupprechtstrasse 6.

Budde, H., Minister der öffentl. Arbeiten, Excellenz, Generalmajor a. D., Berlin W., Wilhelmstrasse 79.

Bueck, Henri Axel, Generalsekretär, Berlin W. 35, Karlsbad 4a.

Büttner, Dr. Max, Ingenieur, Berlin W., Achenbachstrasse 7/8.

Buschow, Paul, Ingenieur, General-Vertreter 605 von A. Borsig-Tegel, Hannover, Bödekerstrasse 71.

Cellier, A., Schiffsmakler, Hamburg, Neuer Wandrahm 1.

Clouth, Franz, Fabrikbesitzer, Köln-Nippes.

Custodis, Alphons, Ingenieur und Vorstand der Alphons Custodis Akt.-Ges. für Essen- und Ofenbau, Düsseldorf.

Dahlström, Axel, Direktor der Reederei Akt.-Ges. von 1896, Hamburg, Vorsetzen 15 I.

Dahlström, H., Direktor d. Nordd. Bergungs- 610 Vereins, Hamburg, Ness 9 II.

Dahlström, W., jr., Direktor der Reederei Aktien-Gesellschaft von 1896, Hamburg, Vorsetzen 15 I.

Danneel, Fr., Dr. jur., Wirkl. Geheimer Admiralitätsrat, Berlin-Grunewald, Trabenerstrasse 2.

Debes, Ed., Fabrikdirektor, Hamburg, Meyerstrasse 59.

Deissler, Rob., Ingenieur, Berlin NW., Luisenstrasse 31 a.

Dieckhaus, Jos., Fabrikbesitzer und Reeder, 615 Papenburg a. Ems.



Diederichsen, Otto, Vice-Admiral, Excellenz, Direktor des Marinedepartements im Reichs-Marine-Amte, Berlin W. 9.

Diederichsen, H., Schiffsreeder, Kiel.

Dietrich, Otto, Fabrikbesitzer, Charlottenburg, Potsdamerstrasse 35.

Ditges, Rud., Generalsekretär des Vereins Deutscher Schiffswerften, Berlin SW., Königgrätzerstrasse 104.

620 Doehring, Heinr., Direktor der Hanseat. Dampfschifff.-Ges., Lübeck.

Dolgorouky, Fürst, Kaiserl. Russisch. Freg. Kapt. u. Marine-Attaché, Berlin NW., In den Zelten 12.

Dreger, P., Hüttendirektor, Peine bei Hannover.

Duncker, Arthur, Assekuradeur, Hamburg, Trostbrücke 1, Laeiszhof.

Duschka, H., Fabrikant, i. Fa. F. A. Sening, Hamburg, Vorsetzen 25/27.

625 Dümling, W., Kommerzienrat, Schönebeck a. E.

Dürr, Gust., Direktor, Düsseldorf, Grafenberger Chaussee 81.

Dürr, Ludwig, Civilingenieur, Bremen.

Eberhardt, Emil, Maschinen - Inspektor, Stettin, Bollwerk 21.

Ecker, Dr. jur., Direktor der Hamburg-Amerika-Linie, Hamburg, Alsterdamm.

630 Eckmann, C. John, Maschinen-Inspektor der Deutsch-Amerikan. Petrol.-Ges., Hamburg, Paulstrasse 38.

Eckstein, Chas. G., Ingenieur, Berlin C., Spandauerstrasse 16.

Ehlers, Paul, Dr. jur. Rechtsanwalt, Hamburg, Adolphsbrücke 4.

Ehrensberger, E., Mitglied des Direktoriums der Firma Fried. Krupp, Essen a. Ruhr.

Eich, Nicolaus, Direktor, Düsseldorf, Sternstrasse 38.

635 Eichhoff, Ingenieur, Essen - Rüttenscheid, Essenerstr. 210.

v. Eickstedt, A., Kontre-Admiral, Vorstand der Konstruktions-Abteilung des Reichs-Marine-Amtes, Charlottenburg, Schillerstrasse 12 III.

Einbeck, Joh., Direktor, Berlin W., Kaiser-Allee 212.

Ellingen, W., Ingenieur, Direktor der J. Pohlig A.-G., Köln-Zollstock.

Elvers, Ad., Schiffsmakler, Hamburg, Steinhöft 8.

Engel, K., Mitinhaber der Werft von Heinr. Brandenburg, Hamburg, Feldbrunnenstrasse 46. 640

Engel, Bergmeister, Essen a. Ruhr, Friedrichstrasse 2.

Engels, Hubert, Geheimer Hofrat und Professor, Dresden A., Schweizerstr. 12.

Essberger, J. A., Oberingenieur, Prokurist der A. E. G. und U. E. G., Berlin-Schöneberg, Motzstrasse 69.

von Essen, W. S., Maschinen-Inspektor, Altona, Hochkamp.

v. Finckh, Ingenieur, Oldenburg i. Gr., Elisabethstrasse 5. 645

Fischer, Curt, Salomon, Direktor der Sächsisch-Böhmischen Dampfschiffahrts-Gesellschaft, Dresden A., Gerichtsstr. 26 II.

Fitzner, R., Fabrikbesitzer, Laurahütte O.-S.

Fitzner, Wilh., Königl. Kommerzienrat und Prov.-Landtags-Abgeordn., Laurahütte O.-S.

Foerster, Ernst, Diplom.-Schiffbauingenieur, bei Blohm & Voss, Hamburg, Eckernförderstr. 89.

Förster, Georg, i. Fa. Emil G. v. Höveling, Hamburg, Sechslingspforte 3. 650

de Freitas, Carlos, Reeder, i. Fa. A. C. de Freitas & Co., Hamburg, Ferdinandstr. 15 I.

Frese, Herm., Senator, Mitglied des Aufsichtsrates des Nordd. Lloyd, Kaufmann i. F. Frese, Ritter & Hillmann, Bremen.

Friedhoff, L., Bureauvorsteher der Burbacherhütte, Burbach a. Saar.

Friedrich, Osc., Hüttendirektor, Duisburg, Kronprinzenstrasse.

de Fries, Wilhelm, Fabrikdirektor, Düsseldorf, Haraldstrasse 8. 655

Frikart, J. R., Chef-Ingenieur der Elsässischen Maschinenbau-Gesellschaft, Mühlhausen-Elsass, Quai d'Isly 23.

Fritz, P., Konsul und Ingenieur, Berlin W. 9, Linkstr. 33.

Froriep, Paul, Maschinenfabrikant, Rheydt.

Frölich, Fr., Ingenieur in der Redaktion der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure, Berlin NW., Klopstockstr. 23 p. l.

660 **Frühling**, O., Regierungs-Baumeister, Braunschweig, Monumentsplatz 5.

Fürbringer, Oberbürgermeister, Emden, Bahnhofstrasse 10.

Galli, Johs., Hüttendirektor, Annen i. W., Gussstahlwerk.

Ganssauge, Paul, Prokurist der Firma F. Laeisz, Hamburg, Trostbrücke 1.

Gathmann, A., Direktor, Bonn, Kaiserstr. 65.

665 **van Gendt**, Hans, Betriebsdirektor, Magdeburg-Buckau, Schönebeckerstrasse 88.

Genest, W., Generaldirektor der Akt.-Ges. Mix & Genest, Berlin W., Bülowstrasse 67.

Gerdau, B., Oberingenieur, Düsseldorf-Grafenberg, p. a. Haniel & Lueg.

Gerling, F., Kaufmann, Direktor der Chantier Naval Anversois, Antwerpen.

Geyer, Wilh., Regierungsbaumeister a. D., Berlin W., Luitpoldstrasse 44.

670 **Gillhausen**, G., Mitglied des Direktoriums d. Fa. Fried. Krupp A.-G., Essen a. Ruhr, Hohenzollernstr. 12.

Goldtschmidt, Dr. Hans, Fabrikbesitzer, Essen a. Ruhr, Salckenbergweg 18.

Gradenwitz, Richard, Ingenieur und Fabrikbesitzer, Berlin S., Dresdenerstrasse 38.

Graefe, E., Direktor der Akt.-Ges. Weser, Bremen, Contreescarpe 186.

Graemer, Osc., Fabrikant, Coblenz-Lützel.

675 **de Grahl**, Gustav, Oberingenieur und Prokurist, Friedenau b. Berlin, Sponholzstrasse 47.

Griebel, Franz, Reeder, Stettin, Grosse Lastadie 56.

Gross, Karl, Konsul u. Kaufmann, Brake, Lindenstrasse 15.

Grosse, Carl, Generalvertreter von Otto Gruson & Co., Buckau, Hamburg, Alsterdamm 16/17.

v. Grumme, F., Kapitän zur See a. D., Direktor der Hamburg-Amerika-Linie, Hamburg, Alsterdamm.

680 **Grunow**, Roderich, Kaufmann, Stettin, Kronenhofstrasse 17a.

de Gruyter, Dr. Paul, Fabrikbesitzer, Berlin W., Kurfürstendamm 36.

Guilleaume, Emil, Kommerzienrat, Generaldirektor der Carlswerke, Mülheim a. Rh.

Guthmann, Robert, Baumeister und Fabrikbesitzer, Berlin W., Vossstrasse 18.

Gutjahr, Louis, Generaldirektor der Badischen Akt.-Gesellsch. für Rheinschifffahrt u. Seetransport, Antwerpen.

Haack, Hans, Kaufmann, i. Fa. Gustav Haack, 685
Bremen.

Hackelberg, Eugen, Kaufmann, Charlottenburg, Bismarckstrasse 106.

Hahn, Dr. phil. Georg, Fabrikbesitzer, Düsseldorf-Oberbilk.

Hahn, Willy, Dr. jur., Rechtsanwalt, Berlin W. 9, Köthenerstrasse 1.

v. Halle, Dr. Ernst, Professor an der Universität Berlin, Grunewald, Erbacherstr. 3a.

Haller, M., Ingenieur, Direktor der Gebr. 690
Körting Aktien-Gesellschaft, Berlin NW., Alt-Moabit 3.

Hammar, Birger, Kaufmann, Hamburg, Königstrasse 7/9.

Harbeck, Martin, Hamburg, Glashüttenstrasse 37/40.

Harder, Hans, Ingenieur, Charlottenburg, Knesebeckstrasse 27.

Harms, Otto, Vorstand der Deutsch-Austral. D. G., Hamburg, Trostbrücke 1.

Hartmann, Aug., Kaufmann, Netherfield 695
House, Weybridge, Surrey.

Hartmann, Geo, Reeder, Newlands, Thames Ditton, Surrey.

Hartmann, P., Ingenieur des Nordd. Lloyd, Bremerhaven, Bürgermeister Smidtstr. 119.

Hartmann, Wm., Reeder, Milburn, Esher, Surrey.

Hartmann, W., Professor, Berlin W., Augsburgerstrasse 64.

Hartwig, Rudolf, Dipl. Ingenieur, Assistent 700
des Direktoriums der Firma Fried. Krupp, A.-G., Rüttenscheid bei Essen-Ruhr, Andreasstrasse 31.

Hechelmann, G., Fabrikant naut. Instrumente, Hamburg, 1. Vorsetzen 3.

Hedberg, Sigurd, Reeder, Malmö, Kalendergatan 6/8.

Heidmann, J. H., Kaufmann, Altona a. E., Marktstrasse 43.



Heidmann, R. W., Kaufmann, Hamburg, Hafenstrasse 97.

705 Heidmann, Henry, W. Ingenieur, Hamburg, Gr. Reichenstrasse 25.

Heller, E., Direktor, Wien I, Schwarzenbergplatz 7.

Hennicke, Geheimer Ober-Postrat, Berlin W. 66, Reichs-Postamt.

Hernsheim, F., Konsul, Hamburg, Artushof, Jaluit-Gesellschaft.

Hertz, Ad., Direktor der Deutschen Ost-Afrika-Linie, Hamburg, Gr. Reichenstrasse 25.

710 Herzberg, A., Königl. Baurat u. Ingenieur, Berlin-Wilmersdorf, Landhausstrasse 23.

Hess, Henry, i. Fa. The Hess Machine Co., 1002 Pensylvania Building, 15th and Chestnut Street, Philadelphia U. S. A.

Hessenbruch, Fritz, Direktor, Duisburg, Mülheimstrasse 59.

Heubach, Ernst, Ingenieur, Berlin SO., Elisabethufer 19.

Heumann, W., Generaldirektor, Berlin NW., Dorotheenstrasse 43/44.

715 Heyne, Walter, Reeder, i. Fa. Heyne & Hessenmüller, Hamburg, b. d. Mühren 66/67.

Hirsch, Emil, Kaufmann, Mannheim, E. 7. 21.

Hirschfeld, Ad., Dampfkessel-Revisor der Baupolizei-Behörde, Hamburg. Uhlenhorst, Overbeckstrasse 15.

Hirte, Johs., Regierungs-Baumeister, Berlin C., Poststrasse 27.

Holzapfel, A. C., Fabrikant, London E. C., Fenchurch Street 57.

720 Hopf, Wilhelm, Ingenieur, Malstatt-Burbach, Wilhelmstrasse.

Hoppe, F. Hugo, Ingenieur, Charlottenburg-Westend, Lindenallee 21/23.

Höltzcke, Paul, Dr. phil., Chemiker, Kiel, Eisenbahndamm 12.

v. Höveling, Emil G., Fabrikant, Hamburg, Steinhöft 13.

Hornbeck, A., Ingenieur, Hamburg 19, Tornquiststrasse 26.

725 Houkowsky, A., Ingenieur, Berlin NW. 7, Dorotheenstr. 45.

Hummel, Wilhelm, Schiffsfarben-Fabrikant, Hamburg, Steinhöft 1.

Hübner, K., Direktor, Kiel, Schwanenweg 23.

Ihlder, Carl, Ingenieur, Bremerhaven, Deich 24.

Imle, Emil, Diplom-Ingenieur, I. Assistent a. d. Königl. Techn. Hochschule zu Dresden, Dresden A., Bismarckplatz.

Inden, Hub., Fabrikant, Düsseldorf, Neanderstrasse 15. 730

Ivers, C., Schiffsreeder, Kiel.

Jacobi, Hugo, Direktor der Gutehoffnungshütte, Sterkrade.

Jacobs, W., Direktor der Aktien-Gesellschaft für Bauausführungen, Berlin W., Kurfürstenstrasse 120/121.

Jacobsen, J., Schiffbau-Ingenieur, München, Jaegerstrasse 7.

Jahn, W., Fabrikdirektor, Düsseldorf, Graf Adolfstrasse. 735

Jahnke, Ingenieur, Hamburg, Gr. Reichenstrasse 25.

Jarke, Alfred, Prokurist der Hamburg-Amerika-Linie, Hamburg, Mundsburgerdamm 28.

Jebsen, J., Reeder, Apenrade.

Jebsen, M., Reeder, Hamburg, Grosse Reichenstrasse 49/57, Reichenhof.

Jencke, H., Dr.-Ing., Geheimer Finanzrat a. D., Dresden A. 740

Johnson, Axel, Generalkonsul und Reeder, Stockholm, Wasagatan 4.

Johnson, Axel Axelson, Civil-Ingenieur und Konsul, Stockholm, Wasagatan 4.

Joost, J., Direktor der Norddeutschen Farbenfabrik Holzapfel, G. m. b. H., Hamburg, Steinhöft 1.

Jordan, Dr. Hans, Direktor der Bergisch-Märkischen Bank, Mitglied des Aufsichtsrates des Nordd. Lloyd, Elberfeld.

Jordan, Paul, Direktor der Allgem. Elektr.-Ges., Berlin, Thiergartenstrasse 26 a. 745

Jürgens, R., Ingenieur, Hamburg, Kl. Schäferkamp 58 II.

Kaemmerer, W., Ingenieur, Berlin N.W., Charlottenstrasse 43.

Kampffmeyer, Theodor, Ingenieur, Berlin S. 14, Märkischer Platz 1.

Kapp, Gisbert, Ingenieur, Berlin N. 24., Monbijouplatz 3.

Karcher, E., Hüttendirektor, Dillingen a. d. Saar. 750

v. Katzler, Rud., Dr. jur., Rechtsanwalt, Berlin W., Marburgerstrasse 9.

Kauermann, August, Oberingenieur, Duisburg, Viktoriastrasse 40.

Kaufhold, Max, Fabrikdirektor, Essen-Ruhr, Elisabethstrasse 7.

Kayser, A., Generalkonsul, Hamburg, Ferdinandstrasse 30.

755 Kayser, M., Direktor des Westfäl. Stahlwerkes Bochum.

Keetman, Th., Kommerzienrat, Duisburg, Mühlheimerstrasse 39.

Kelly, Alexander, Direktor v. H. Napier Brothers Ltd., Glasgow, Hyde-Park Street 100.

Kerlen, K., Kaufmann, Rath b. Düsseldorf.

Kiefer, Georg, Ingenieur, Wien IV, Heugasse 4.

760 Kins, Johs., Direktor der Dampfschifff.-Ges. Stern, Berlin SO., Brückenstrasse 13I.

Kintzel, E., Torpeder-Oberleutn., Friedrichsort b. Kiel, Minendepot.

Kippenhan, Ph., Schiffs- und Maschineninspektor der Mannheimer Dampfschifff.-Ges., Mannheim.

Kirsten, Friedrich, Kaufmann und Reeder, Hamburg, Kehrwieder 13.

Klatte, Johs., Schiffbau-Ingenieur, i. Fa J. H. N. Wichhorst, Hamburg, Kl. Grasbrook, Arningstr. 11.

765 Klawitter, Willi, Kaufmann u. Werftbesitzer, i. F. J. W. Klawitter, Danzig.

Klée, W., Kaufmann, i. Fa. Klée & Koecher, Hamburg, Hohe Bleichen 49.

Klein, Ernst, Kommerzienrat, Dahlbruch i. Westf.

Klemperer, F., Direktor der Berliner Maschinenbau A. G. vorm. L. Schwartzkopff, Berlin N. 4, Chausseestrasse 17/18.

Klock, Chr., Ingenieur, Hamburg, Bismarckstrasse 5 pt.

770 Klüpfel, Ludwig, Finanzrat, Mitglied des Direktoriums der Firma Fried. Krupp, Essen a. Ruhr.

Knackstedt, Ernst, Fabrikdirektor, Düsseldorf, Ahnfeldstrasse 107.

Knobloch, Emil, Königl. Kommissionsrat, Berlin W. 9, Linkstrasse 15.

Knust, H., Kapitän a. D., Stadtrat, Stettin, Königsplatz 5.

Koehlmann, C. A., Fabrikbesitzer, Rittmeister a. D., Charlottenburg, Kantstr. 134.

Korten, B., Direktor, Malstatt - Burbach, 775 Hochstrasse 19.

Kosegarten, Max, Generaldirektor der Deutschen Waffen- und Munitionsfabriken, Berlin NW. 7, Dorotheenstr. 43/44.

Köser, Fr., Kaufmann, i. Fa. Th. Höeg, Hamburg, Kajen 23.

Krauschitz, Georg, Ingenieur und Fabrikant, Berlin N. 31, Usedomstrasse 31.

Krause, Max, Königl. Baurat, Direktor von A. Borsig's Berg- und Hüttenverwaltung, Berlin N., Chausseestrasse 6.

Krause, Max, Arthur, Fabrikant, Berlin- 780 Charlottenburg, Knesebeckstrasse 28.

Krell, Otto, Direktor der Kriegs- u. Schiffbautechnischen Abteilung bei den Siemens-Schuckert-Werken, Berlin W. 15, Kurfürstendamm 22.

Kreymann, L., Vorsteher der Maschinistenschule, Lübeck, Johannisstrasse 67.

Krieger, R., Hüttendirektor, Düsseldorf, Duisburgerstrasse 106.

Kroebel, R., Ingenieur, Hamburg, Glockengiesserwall 1.

Krogmann, Richard, Vorsitzender der See- 785 Berufsgenossenschaft, Hamburg, Trostbrücke 1.

Kunstmann, W., Konsul und Reeder, Stettin.

Kunstmann, Arthur, Konsul und Reeder, Stettin, Kaiser Wilhelmstrasse 9.

Kübler, Wilhelm, Ingenieur für Elektromaschinenbau, Professor a. d. Techn. Hochschule zu Dresden, Dresden A., Münchenerstrasse 25.

Küpper, Carl, Direktor des Hochfelder Walzwerks-Akt.-Ver., Duisburg a. Rh.

Küpper, W., Ingenieur, Duisburg, Hoch- 790 felder Walzwerks-Akt.-Ver.

Lange, Chr., Ingenieur, i. Fa. Waggonleihanstalt Ludewig & Lange, Berlin W., Rankestrasse 34.

Lange, Dr. phil. Otto, Ingenieur, Stahlwerkschef des Hoerder Vereins, Hoerde i. W., Tullstrasse 4.



Lange, Rob., i. Fa. Lange Gebr., Hamburg, gr. Bleichen 53 III.

Langheinrich, Ernst, Fabrikdirektor, Kalk b. Köln a. Rh.

795 Langreuter, H., Kapitän des Nordd. Lloyd, Bremerhaven.

Lans, W., Kapitän zur See, Kommandant S. M. S. Kaiser Wilhelm II., Kiel, Niemannsweg 94.

Lass, F., Ing., Hamburg, Sophien-Allee 18.

Laue, Wm., Generaldirektor, Düsseldorf, Kaiserstrasse 47.

Lehmann, Kaiserl. Marine-Ober-Stabsingenieur, Kiel, Feldstrasse 54.

800 Lehnkering, Carl, Kommerzienrat, Duisburg.

Leipoldt, Geheimer Finanzrat, Generaldirektor der Stolberger Gesellschaft, Aachen, Hohestrasse 11.

Leist, Chr., Direktor des Nordd. Lloyd, Bremen, Papenstrasse 5/6.

Leitholf, Otto, Civilingenieur, Berlin SW., Grossbeerenstrasse 55 u. 56d.

Lentz, Hugo, Ingenieur, Berlin W., Potsdamerstrasse 10/11.

805 Leopold, Direktor, Hoerde.

Liebe-Harkort, Ch., Direktor der Düsseldorfer Kranbaugesellschaft Liebe-Harkort m. b. H., Düsseldorf.

Liebe-Harkort, W., Ingenieur, i. Fa. Casp. Harkort G. m. b. H., Harkorten b. Haspe i. Westf.

Liechtensteiner, Ludwig, Ingenieur, Berlin W. 15, Meier-Otto-Strasse 3.

Lipin, Alexander, Wirklicher Staatsrat und Ingenieur, St. Petersburg, Italienische Strasse 17.

810 Lipp, M., Direktor und Vorstandsmitglied des deutschen Gussröhren-Syndikats A.-G., Köln a. Rh., Unter Sachsenhausen 25/27.

Loeck, Otto, Kaufmann, Hamburg, Agnesstrasse 22.

Loewe, J., Geheimer Kommerzienrat, Generaldirektor von Ludw. Loewe & Co. Akt.-Ges., Berlin NW. 6, Dorotheenstrasse 42/43.

Lorenz, Dr. Hans, Dipl. Ingenieur, Professor an der techn. Hochschule in Danzig, Langfuhr Johannisberg 7.

The Losen, Paul, Prokurist des A. Schaaffhausen'schen Bankvereins, Düsseldorf.

Loubier, G., Patentanwalt, Berlin NW. 7, Dorotheenstrasse 32. 815

Lueg, E., Ingenieur, i. Fa. Haniel & Lueg, Düsseldorf-Grafenberg.

Lueg, H., Geheimer Kommerzienrat, Düsseldorf-Grafenberg.

Lüders, Peter W., Ingenieur, Erfurt, Kaiserplatz 1.

Lüders, W. M. Ch., Fabrikant, Hamburg, Annenstrasse 1 II.

Lütgens, Henry, Vorsitzender des Aufsichtsrates der Vereinigt. Bugsier- und Frachtschifffahrt-Ges., Hamburg, Steinhöft 3. 820

Magnus, Emil, Vorsitzender im Aufsichtsrate der Neptunwerft-Rostock, Hamburg, Heimhuderstrasse 64.

Manler von Elisenau, Ritter Josef, k. u. k. Kontre-Admiral. Seearsenals-Kommandant. Pola.

Martens, A., Professor, Geh. Regierungsrat, Direktor des Königl. Materialprüfungsamtes der Techn. Hochschule zu Berlin, Gr.-Lichterfelde-West, Fontanestrasse.

Mathies, Carl, Reeder, i. Fa. L. F. Mathies & Co., Hamburg, Grimm 27.

Mathies, Osk., i. Fa. L. F. Mathies & Co., Hamburg, Grimm 27. 825

Mathies, Regierungs- und Baurat a. D., Generaldirektor, Dortmund.

May, Hermann, Hüttendirektor, Laurahütte O.-S.

Meier, M., Hüttendirektor, Differdingen, Luxemburg.

Mendelssohn, A., Staatsanwaltschaftsrat, Potsdam, Neue Königstrasse 65.

Merck, Johs., Direktor der Hamburg-Amerika-Linie, Hamburg, Dovenfleth 18/21. 830

Merk, Karl, H., Ingenieur, Halensee b. Berlin, Ringbahnstr. 124.

Merkel, Carl, Ingenieur, i. Fa. Willbrandt & Co., Hamburg, Kajen 24.

Mertens, Kurt, Ingenieur, Direktor der Hanseatischen Siemens-Schuckert-Werke, Hamburg-Uhlenhorst, Carlstrasse 7.

Meuss, Fr., Kapitän z. See z. D., Berlin W., Vossstrasse 20.

835 Meyer, Eugen, Schlossltter, Hopfgarten, Tirol.

Meyer, Josef, Dipl. Ingenieur, Halensee, Georg Wilhelmstrasse 24a.

Miehe, Otto, G., i. Fa. J. A. Lerch Nachflg. & Seippel, Hamburg, Rödingsmarkt 16.

Mintz, Maxim., Ingenieur und Patentanwalt, Berlin W., Unter den Linden 11.

Moeller, Gustav, Vertreter der Hamburg-Südamerik. Dampfsch.-Ges. in Montevideo, Hamburg, Lübeckerstrasse 29.

840 Möbus, Wilh., Ingenieur, Düsseldorf, Steinstrasse 67.

Moldenhauer, Louis, Direktor der Akt.-Ges. Gebr. Böhler & Co., Berlin NW., Quitzowstrasse 24.

Mönkemöller, Fr. P., Ingenieur und Maschinenfabrikant, i. Fa. Bonner Maschinenfabrik und Eisengiesserei Fr. Mönkemöller & Cie., Bonn a. Rh.

Morrison, C. Y., Techn. Leiter der Firma C. Morrison, Hamburg, Admiralitätstrasse 40.

Müller, Gustav, Direktor der Rheinischen Metallwaaren- und Maschinenfabrik, Düsseldorf, Arnoldstrasse 8.

845 Münzesheimer, Martin, Direktor der Gelsenkirchener Gussstahl- und Eisenwerke, Essen a. Ruhr.

Nebe, Friedr., Direktor der Aktien-Gesellschaft Balcke, Tellering & Co., Röhrenwalzwerk, Benrath b. Düsseldorf.

Nebelthau, August, Kaufmann und Reeder, Bremen, Holler Allee 25.

Neubaur, Fr., Dr. phil., Schriftsteller, Charlottenburg, Knesebeckstrasse 72/73.

Neufeldt, Ingenieur, Kiel, Jungmannstrasse 43.

850 Niedt, Otto, Generaldirektor der Huldschinsky'schen Hüttenwerke Akt.-Ges., Gleiwitz O.-Schlesien.

Niemeyer, Georg, Fabrikbesitzer, Hamburg, Steinwärder, Neuhoferstrasse.

Nimax, Ingenieur und Generaldirektor, Ransbach (Westerwald).

Noske, Fedor, Ingenieur und Fabrikant, Altona, Arnoldstrasse 28.

Oeking, Fabrikbesitzer, i. Fa. Oeking & Co., Düsseldorf-Lierenfeld.

Oppenheim, Paul, Ingenieur und Fabrikbesitzer, Berlin NW., Quitzowstrasse 25/26. 855

O'Swald, Alfr., Reeder, Hamburg, Grosse Bleichen 22.

Overweg, O., Kaufmann, Hamburg, Admiralitätsstrasse 33/34.

Ott, Max, Diplom-Ingenieur, Schmargendorf b. Berlin, Cunostrasse 1.

Pagenstecher, Gust., Kaufmann, Vorsitz. im Aufsichtsrate der Akt.-Ges. Weser, Bremen, Parkstrasse 9.

Parje, Wilhelm, Direktor des Blechwalzwerkes Schulz Knaudt Akt.-Ges., Essen a. d. Ruhr. 860

Patrick, J., Ingenieur u. Fabrikant, Frankfurt a. M., Höchste Strasse 51.

Paucksch, Otto, Fabrikdirektor, Akt.-Ges. H. Paucksch, Landsberg a. W.

Pekrun, Otto, Fabrikbesitzer, Coswig in Sachsen.

Pepper, Gust., Kaufmann, Hamburg, Rödingsmarkt 24.

Peters, Th., Dr. ing., Königl. Baurat, Berlin NW., Charlottenstrasse 43. 865

Petersen, Bernhard, Zivilingenieur und Patentanwalt, Berlin N.W., Neustädt. Kirchstrasse 1.

Philipp, Otto, Ingenieur, Berlin W., Unter den Linden 15.

Philippi, Carl, Kommerzienrat, Dresden A., Marsolinerstrasse 6.

Piners, Dr. phil., Apothekenbesitzer, Brühl b. Köln.

Piper, C., Direktor der Neuen Dampfer-Compagnie, Stettin. 870

Piper, Edmund, Prokurist der Fa. Franz Haniel & Co., Ruhrort a. Rh., Dammstrasse 10.

Podeus, H., jr., Konsul, Wismar i. M.

Podeus, Paul, Ingenieur, Wismar i. M., Ravelin Horn.

Poensgen, C. Rud., Vorstandsmitglied der Düsseldorfer Röhren- u. Eisenwalzwerke, Düsseldorf, Jägerhofstrasse 7.

Poensgen, Emil, Vorstandsmitglied der Düsseldorfer Röhren- und Eisenwalzwerke, Düsseldorf, Jacobistrasse 7. 875

Poetsch, E., Geh. Justizrat, Rosslau a. E. Hauptstrasse 25.

Pohlig, J., Fabrikant, Köln-Zollstock.

Polis, Albert, Kapitän und Prokurist der Hamburg-Amerika-Linie, Hamburg-Uhlenhorst, Adolfstrasse 74.

Polte, Eugen, Königl. Kommerzienrat und Fabrikbesitzer, Magdeburg - Sudenburg, Halberstädterstrasse 35.

880 Poock, Jos., Fregatten-Kapitän z. D., Kiel, Feldstrasse 54.

Potts, Templin M., Lieutnant-Commander, U. S. Navy, Washington.

Predöhl, Dr. jur., Max, Senator, Hamburg, Alsterterrasse 8.

Prégardien, J. E., Ingenieur für Dampfkesselbau, Kalk bei Köln.

Preiner, Johann, Ingenieur, Eichberg, Post Gloggnitz Nieder-Oesterreich.

885 Preuss, Aug., Königl. Ital. Generalkonsul, i. Fa. Rob. Kleyenstüber & Co., Königsberg i. Pr.

Probst, Paul, Mombach b. Mainz, Waggonfabrik Gebr. Gastell.

Quellmalz, Emil, Mitglied des Aufsichtsrates der Vereinigten Elbschifffahrts-Gesellschaft, Dresden-A., Pragerstrasse 20.

Radke, Max, Fabrikdirektor, Berlin S., Prinzessinnenstrasse 18.

Ragg, Manfred, Ingenieur, Wien X/1, Laxenburgerstrasse 34.

890 Rahtjen, Heinr., Kaufmann und Fabrikant, Bremerhaven, Lloydstrasse 18.

Rahtjen, John, Kaufmann, Hamburg, Mittelweg 19.

Rathjen, J., Frank, Kaufmann, Hamburg, Mittelweg 19.

Raps, Dr. Prof. Aug., Direktor von Siemens & Halske, Berlin SW., Markgrafenstrasse 94.

Rascher, Georg, Fabrikdirektor, Reinickendorf b. Berlin. Hein, Lehmann & Co., A.-G.

895 Rathenau, Emil, Geheimer Baurat, Generaldirektor der Allgem. Elektr.-Ges., Berlin NW., Schiffbauerdamm 22.

Rathenau, Dr. W. Direktor der Berliner Handelsgesellschaft, Berlin W., Behrenstrasse 32.

Rehmann, Fritz, Direktor der Reederei Stachelhaus & Buchloh, G. m. b. H., Mülheim a. d. Ruhr, Friedrichstrasse 28.

Redenz, Hans, Ingenieur, Düsseldorf-Grafenberg.

Recke, Fregatten-Kapitän, Berlin W. 9, Leipzigerplatz 17.

Reincke, H. R. Leopold, Ingenieur, 900
2 Laurence Pountney Hill, London E. C.

Reinecke, F., Ingenieur, Expert des Germanischen Lloyd und des Bureaus Veritas, Gleiwitz O.-S., Wilhelmstrasse 34.

Reinhardt, Karl, Ingenieur, Direktor bei Schüchtermann & Kremer, Dortmund, Arndtstrasse 36.

Reuter, Wolfgang, Inhaber der Fa. Ludwig Stuckenholz, Wetter a. Ruhr.

Richter, Hans, Kaufmann, Berlin S., Alexandrinenstrasse 95/96.

Riedemann, Wilhelm A., Kommerzienrat, 905
Hamburg, Paulstrasse 38.

Riemer, Julius, Oberingenieur und Prokurist der Firma Haniel & Lueg, Düsseldorf-Grafenberg.

v. Ripper, Julius, K. und K. Kontre-Admiral, Pola.

Rischowski, Alb., Vertreter der Firma Caesar Wollheim, Breslau, Wallstrasse 23.

Röchling, L., Fabrikbesitzer, Völklingen a. d. Saar.

Röper, A., Direktor d. Akt.-Ges. de Fries & Co., 910
Düsseldorf, Grafenberger Chaussee 84.

Rogge, A., Marine-Oberstabs-Ingenieur a. D., Charlottenburg, Knesebeckstr. 16 I.

v. Rolf, W., Freiherr, Direktor der Dampfschifff.-Ges. f. d. Nieder- u. Mittel-Rhein, Düsseldorf, Tellstrasse 8.

Rolle, M., Architekt, Berlin W., Mansteinstrasse 5.

Romahn, H., Privatier, Hamburg, Eppendorferbaum 18.

Rump, Wilh., Kaufm., Hamburg, Raboisen 96. 915

Ruperti, Oscar, Kaufmann, in Firma H. J. Merck & Co., Hamburg, Dovenhof 6.

Sachse, Walter, Kapitän und Oberinspektor der Hamburg-Amerika-Linie, Hamburg, Ferdinandstrasse 62.

Sachsenberg, P., Kaufmann und Fabrikbesitzer, Rosslau a. E.

Sack, Hugo, Ingenieur und Fabrikbesitzer, Rath bei Düsseldorf.

920 Saefkow, Otto, Kaufmann, St. Petersburg, Obwodnykanal 105.

Salzmann, Heinrich, Architekt, Düsseldorf, Graf Adolfstrasse 19.

Sanders, Ludwig, Kaufmann, Hamburg, Rathausmarkt 2 I.

Sartori, A., Konsul und Reeder, in Fa. Sartori & Berger, Kiel.

Sartori, P., Konsul und Reeder, in Fa. Sartori & Berger, Kiel.

925 Sattler, Bruno, Maschinen-Inspektor und Hauptmann der Reserve, Kattowitz O.-S., Friedrichstrasse 39b.

Schachtel, Leo, Dr. jur., Rechtsanwalt, Berlin W. 66, Leipzigerstrasse 117/118.

Schäfer, W., Ingenieur, Berlin N., Thornerstrasse 62.

Scharowsky, Carl, Regierungs-Baumeister, Civilingenieur für Fabriken- und Brückenbau, Berlin W., Linkstrasse 32.

Scharrer, G., Kaufmann, Duisburg, Unterstrasse 84.

930 Schaubach, M., Fabrikant, Coblenz-Lützel.

Schauenburg, M., Ingenieur, Berlin W. 15, Lietzenburgerstrasse 3.

Scheer, Fregatten-Kapitän, Berlin W. 9, Leipzigerplatz 13.

v. Schichau, Rittergutsbesitzer, Pohren b. Ludwigsort, Ostpr.

Schiess, Ernst, Geheimer Kommerzienrat und Fabrikbesitzer, Düsseldorf.

935 Schilling, Professor Dr., Direktor der Seefahrtsschule, Bremen.

Schinckel, Max, Vorsitzender des Aufsichtsrats der Reiherstieg Schiffswerfte und Maschinenfabrik, Hamburg, Adolphsbrücke 10.

Schleifenbaum, Fr., Direktor der Felten & Guilleaume Carlswerke, Act.-Ges., Mülheim (Rhein), Regentenstrasse 69.

v. Schlichting, Kaiserl. Ober-Postdirektor, Bremen, Domsheide 15.

Schmidt, Ehrhardt, Korvetten-Kapitän, Kiel, Waitzstrasse 46 I.

Schmidt, Emil, Ingenieur, Hamburg-Uhlenhorst, Herderstrasse 64. 940

Schmidt, Herm., Fabrikant, Hamburg-Uhlenhorst, Herderstrasse 62.

Schmidt, Henry, General-Sekretär des Vereins Hamburger Assekuradeure, Hamburg, Börsenbrücke 4.

Schmidt, Kontre-Admiral, Kiel, Reventlow-Allee 8.

Schmidtlein, C., Ingenieur und Patentanwalt, Berlin NW., Luisenstrasse 22.

Schmitt, E., Königl. Baurat, Pillau, Ostpreussen. 945

Schrader, Korvetten-Kapitän, Berlin W. 9, Leipzigerplatz 13.

Schramm, C., Dr., Direktor des Gussstahlwerkes Witten, Witten, Steinstrasse 21.

Schröder, Emil, Ingenieur, Bremerhaven, Keilstrasse 1.

Schrödter, Dr.-Ing. E., Ingenieur, Düsseldorf, Jacobistrasse 5.

Schuchardt, B., Kaufmann, i. Fa. Schuchardt & Schütte, Berlin C., Spandauerstr. 59/61. 950

v. Schuckmann, H., Vice-Admiral z. D., Excellenz, Berlin W. 15., Fasanenstrasse 77 III.

Schult, Hans, Ingenieur, i. Fa. W. A. F. Wiechhorst & Sohn, Hamburg, Pinnasberg 46.

Schumann, G., Generaldirektor des Gussstahlwerkes Witten, Witten.

Schultz, Max, Oberleutnant zur See, Berlin W, Neue Winterfeldstrasse 17.

Schultze, Aug., Geh. Kommerzienrat, Direktor der Oldenburg-Portug. Dampfschiffs-Reederei, Oldenburg i. Gr. 955

Schulz, Gustav Leo, Vertreter des Hoerder Bergwerks- u. Hüttenvereins, Berlin W. 50, Rankestrasse 35.

Schulze, F. F. A., Fabrikbesitzer, Berlin N., Fehrbellinerstr. 47/48.

Schulze-Vellinghausen, Ew., Fabrikbes., Düsseldorf, Sternstrasse 18.

Schümann, Egon, Kaiserl. Regierungsrat, Südende, Brandenburgerstrasse 15a.

Schütte, H., Kaufmann, i. Fa. Schuchardt & Schütte, Köln, Zeughaus 16. 960



v Schütz, Julius, Ingenieur, Vertreter der Fried. Krupp A.-G., Berlin W. 50, Marburgerstrasse 17.

Schwanhäusser, Wm., Dir. der Hydraulic Works Henry R. Worthington, Brooklyn, New-York.

Sehmer, Th., Fabrikbesitzer, St. Johann a. d. Saar, Mainzerstrasse 95.

Selck, Fr. W., Kommerzienrat, Flensburg.

965 Selve, Walter, Ingenieur, Altena i. W.

v. Senden-Bibran, Gust., Freiherr, Admiral, Excellenz, Chef des Marine-Kabinets u. General-Adjutant Sr. Majestät des Kaisers, Berlin W., Vossstrasse 25.

Senfft, Carl, Direktor, Düsseldorf, Graf Adolfstrasse 95.

Sening, Aug., Fabrikant, i. Fa F. A. Sening, Hamburg. Vorsetzen 25/27.

Siebel, Walter, Ingenieur, i. Fa. Bauartikel-Fabrik A. Siebel, Düsseldorf-Rath.

970 Siebel, Werner, Fabrikbesitzer, i. Fa. Bauartikel-Fabrik A. Siebel, Düsseldorf-Rath.

Siebert, F., Direktor der Firma F. Schichau, Elbing.

Siebert, G., Prokurist der Firma F. Schichau, Elbing, Altstädt. Wallstrasse 10.

Siedentopf, Otto, Ingenieur und Patentanwalt, Berlin SW., Friedrichstrasse 208.

Sieg, Waldemar, Kaufmann u. Reeder, Danzig, Brodbänkengasse 14.

975 Siegmund, Walter, Direktor der Turbinia, Deutsche Parsons Marine Aktien-Gesellschaft, Berlin W. 62, Lutherstrasse 52.

Slaby, Ad., Professor Dr., Geheimer Reg.-Rat, Charlottenburg, Sophienstrasse 33.

Sloman, Fr. L., Hamburg, Feldbrunnenstrasse 30.

Sorge, Kurt, Mitglied des Direktoriums der Firma Fried. Krupp, Vorsitzender Direktor des Fried. Krupp Grusonwerk, Magdeburg, Moltkestrasse 12c.

Sorge, Otto, Maschinen-Ingenieur, Spezialist f. moderne Gross-Kondensationsanlagen, Grunewald b. Berlin, Margarethenstr. 5.

980 Springer, Ferdinand, Verlagsbuchhändler, Berlin N. 24, Monbijouplatz 3.

Springer, Fritz, Verlagsbuchhändler, Berlin N. 24, Monbijouplatz 3.

Springmann, Rudolf, Teilhaber der Firma Funcke & Elbers, Hagen i. W.

Springorum, Fr., Direktor der Eisen- und Stahlwerke Hoesch, A.-G., Dortmund, Eberhardtstrasse 20.

Stachelhaus, Herm., Reeder u. Fabrikant, i. Fa. Stachelhaus & Buchloh, Mannheim.

Stahl, Paul, Prokurist des Stettiner Vulcan, 985
Bredow-Stettin.

Stange, Heinr., Metallwaren- u. Armaturen-Fabrikant, Hamburg, Tornquiststrasse 46.

Stein, C., Ingenieur, Direktor der Gasmotorenfabrik Deutz-Mülheim a. Rhein.

Steinbiss, Karl, Königl. Eisenbahn-Direktor, Ottensen-Altona, Eggers Allee 12 I.

Stenzel, Alfr., Kapitän z. See a. D., Göttingen, Obere Karspüle 45.

Strokarck, Ad., Reeder, i. Fa. Rob. M. Slo- 990
man jr., Hamburg, Baumwall 3.

Strube, Dr. A., Bankdirektor, Deutsche Nationalbank, Bremen.

Struck, H., Prokurist der Firma F. Laeisz, Hamburg, Trostbrücke 1.

de Sugny, Graf G., Capitaine de vaisseau, Französischer Marine-Attaché, Berlin W., Bendlerstrasse 16 II.

Sugg, Direktor der Vereinigten Königs- und Laurahütte A.-G., Königshütte O.-Schl., Girndtstrasse 13.

Suppán, C. V., Schiffsoberinspektor, Wien III, 995
Donau-Dampfschiffs-Direktion.

Sylvester, Emilio, Ingenieur, Friedenshütte O.-S.

Taggenbrock, J., Direktor, Longue rue d'Argile 100, Antwerpen.

Takikawa, Tomokazu, Kapitän zur See, Kaiserl. japanischer Marine-Attachee, Berlin W. 30, Habsburgerstrasse 12.

Tecklenborg, Ed., Kaufmann, Direktor der Schiffswerft von Joh. C. Tecklenborg Akt.-Ges., Bremen, Parkstrasse 41.

Thiele, Ad., Kontre-Admiral z. D., Reichs- 1000
Kommissar bei dem Seeamte Bremerhaven, Bremen, Richard Wagnerstrasse 21.

Thomsen, Aug., Admiral z. D., Excellenz, Kiel.

Thulin, C. G., Italienischer Generalkonsul und Reeder, Stockholm (Schweden), Skeppsbron 34.

Thulin, P. G., Vice-Konsul, Stockholm, Skeppsbron 34.

Thumann, G., Kapitän des Nordd. Lloyd, Stettin, Grabowerstr. 24.

1005 Thyen, Heinr. O., i. Fa. G. H. Thyen, Brake.

Tietgens, G. W., Kaufmann, Vorsitzender im Aufsichtsrate der Hamburg-Amerika-Linie, Hamburg, Gr. Reichenstrasse 51.

v. Tirpitz, Alfr., Admiral, Excellenz, Staatsminister und Staatssekretär des Reichs-Marine-Amtes, Berlin W. 9, Leipziger Platz 13.

Tonne, Carl Gust., Kommerzienrat, Magdeburg, Villa auf dem Werder.

Trappen, Walter, Generaldirektor der Skodawerke, Pilsen.

1010 Truppel, Osc., Kapitän zur See und Gouverneur von Kiautschou.

Tull, M., Geheimer Kommerzienrat, Generaldirektor des Hoerder Bergwerk- und Hüttenvereins, Hoerde i. W.

Uhlenhaut, M., Stellvertretender Direktor der Firma Fried. Krupp A.-G., Essen a. Ruhr.

Vervier, Jos., Kaufmann, Berlin W., Ansbacherstrasse 19 I.

Vielhaben, Dr. jur., Rechtsanwalt, Hamburg, Hohe Bleichen 31.

1015 van Vloten, Hütten-Direktor, Hoerde i. W.

Volckens, Wm., Kommerzienrat, Hamburg, Admiralitätsstrasse 52/53.

Vollbrandt, Adolf, Kaufmann, Hamburg 17, Heimhuderstrasse 64.

Vorbeck, Geheimer Ober-Postrat u. Ober-Postdirektor, Hamburg, Stephansplatz 5.

Vorwerk, Ad., Vorsitzender der D. D. Ges. Kosmos, Hamburg, Paulstrasse 29.

1020 Vossnack, Ernst, Schiffbau-Ingenieur, Bremerhaven, Hafen 29 I.

Wagenführ, H., Ober-Ingenieur der Allgem. Elektrizitäts-Gesellsch. Hamburg, Dammtorstrasse 30.

Wätjen, Georg W., Konsul und Reeder, Bremen, Papenstrasse 24.

Wallenberg, G. O., Kapitän zur See und Reichstagsabgeordneter, Stockholm.

Wallmann, Kapitän zur See, Kiel, Niemannsweg 61.

Weinlig, O. Fr., Generaldirektor, Dillingen 1025
a. d. Saar.

Weber, Ed., Kaufmann, Hamburg, Grosse Reichenstrasse 27, Afrikahaus.

Weber, Richard, Fabrikant, Berlin O. 34, Königsbergerstrasse 16.

Weber, W. A., Ingenieur, i. Fa. Weber & Westphal, Hamburg 21, Arndtstrasse 16.

Weber, Paul, Geschäftsführer des Verbandes Deutscher Grobblech-Walzwerke und der Schiffbaustahl-Vereinigung, Essen, Selmastrasse 15.

Wegener, Hauptmann a. D., Direktor des 1030
Press- und Walzwerkes Düsseldorf—Reisholz, Düsseldorf, Rochusstrasse 23.

Weisdorff, E., Generaldirektor der Burbacherhütte, Burbach a. Saar.

Weitzmann, J., Manager, Marine-Department, of Vacuum Oil Comp., Hamburg St. G., Langereihe 112.

Welin, Axel, Ingenieur, Hopetoun House, Lloyd's Avenue, London E. C.

Wentzel, O., Kapitän zur See, Kiel, Moltkestrasse 9.

Wessels, Joh., Fr., Senator, Bremen, Langen- 1035
strasse 86 I.

Wichmann, Alfred O., Kaufmann, Hamburg, Gr. Bleichen 32.

Wiecke, A., Direktor des Oberbilker Stahlwerkes, Düsseldorf-Oberbilk.

Wiener, Albert, i. Fa. Johnassohn, Gordon & Co., Hamburg, Admiralitätsstrasse 33/34.

Wiengreen, Heinr., Maschinen-Inspektor, Hamburg, Bismarckstrasse 28.

Wiethaus, O., Kommerzienrat und General- 1040
direktor, Hamm i. W.

Wilda, Johs., Marineschriftsteller, Lübeck, St. Jürgenring 1a.

Wilhelmi, J., Ingenieur, Hamburg, Erlenkamp 1.

Windscheid, G., Kaufmann und k. und k. Oesterr.-Ung. Vice-Konsul, Nicolaieff.



Winters, Carl, Kaufmann und Reeder, Vorstand der Dampfschifffahrts-Gesellschaft Triton A.-G., Bremen, Sögestrasse 15 a.

1045 Wirtz, Adolf, Dipl. Hütteningenieur und Direktor des Stahlwerk Mannheim, Rheinau bei Mannheim.

Witthöfft, L., Oberingenieur a. D., Wiesbaden, Adelheidstrasse 76 a.

v. Witzleben, Kapitän zur See, Berlin W. 9, Leipziger Platz 17.

Woermann, Ad., Kaufmann, Hamburg, Grosse Reichenstrasse 27.

Wolff, G., Geheimer Oberbaurat a. D., Ilfeld a. Harz, Villa Schütte.

1050 Wolff, G., Direktor der Hamburg-Amerika-Linie, Hamburg, Dovenfleth 18/21.

Zanders, Hans, Fabrikbesitzer, Bergisch-Gladbach, Rheinprovinz.

Zapf, Georg, Direktor der Land- und Seekabelwerke A.-G. Köln-Nippes, Nichlerstrasse 72.

Zapp, Adolf, Ingenieur, i. Fa. Robert Zapp, Düsseldorf, Haroldstrasse 10 a.

Zapp, Gustav, i. Fa. Robert Zapp, Düsseldorf.

Zeise, Alf., Ingenieur, i. Fa. Theodor Zeise, 1055
Othmarschen, Reventlowstrasse 10.

Zimmer, A., Schiffsmakler und Reeder, i. Fa. Knöhr & Burchard Nfl., Hamburg, Steinhöft 8.

Zopke, Hans, Regierungs-Baumeister a. D., Direktor der Aktiengesellschaft Mix & Genest, Telephon- und Telegraphenwerke, Berlin W. 30, Münchenerstrasse 47.

Zörner, Königl. Bergrat und Generaldirektor, Kalk bei Köln a. Rhein.

Abgeschlossen am 31. Dezember 1904.

Die Gesellschaftsmitglieder werden im eigenen Interesse ersucht, jede Wohnungsveränderung sofort auf besonderer Karte dem Geschäftsführer anzuzeigen.

II. Satzung.

I. Sitz der Gesellschaft.

§ 1.

Sitz.

Die am 23. Mai 1899 gegründete Schiffbautechnische Gesellschaft hat ihren Sitz in Berlin und ist dort beim Königlichen Amtsgericht I als Verein eingetragen.

II. Zweck der Gesellschaft.

§ 2.

Zweck.

Zweck der Gesellschaft ist der Zusammenschluß von Schiffbauern, Schiffsmaschinenbauern, Reedern, Offizieren der Kriegs- und Handelsmarine und anderen mit dem Seewesen in Beziehung stehenden Kreisen behufs Erörterung wissenschaftlicher und praktischer Fragen zur Förderung der Schiffbautechnik.

§ 3.

Mittel zur Erreichung dieses Zweckes.

Mittel zur Erreichung dieses Zweckes sind:

1. Versammlungen, in denen Vorträge gehalten und besprochen werden.
2. Drucklegung und Uebersendung dieser Vorträge an die Gesellschaftsmitglieder.
3. Stellung von Preisaufgaben und Anregung von Versuchen zur Entscheidung wichtiger schiffbautechnischer Fragen.

III. Zusammensetzung der Gesellschaft.

§ 4.

Gesellschaftsmitglieder.

Die Gesellschaftsmitglieder sind entweder:

1. Fachmitglieder,
2. Mitglieder, oder
3. Ehrenmitglieder.

§ 5.

Fachmitglieder.

Fachmitglieder können nur Herren in selbständigen Lebensstellungen werden, welche das 28. Lebensjahr überschritten haben, einschließlich ihrer Ausbildung, bezw. ihres Studiums, 8 Jahre im Schiffbau oder Schiffsmaschinenbau tätig gewesen sind, und von denen eine Förderung der Gesellschaftszwecke zu erwarten ist.

§ 6.

Mitglieder können alle Herren in selbständigen Lebensstellungen werden, welche vermöge ihres Berufes, ihrer Beschäftigung, oder ihrer wissenschaftlichen oder praktischen Befähigung imstande sind, sich mit Fachleuten an Besprechungen über den Bau, die Einrichtung und Ausrüstung, sowie die Eigenschaften von Schiffen zu beteiligen. **Mitglieder.**

§ 7.

Zu Ehrenmitgliedern können vom Vorstande nur solche Herren erwählt werden, welche sich um die Zwecke der Gesellschaft hervorragend verdient gemacht haben. **Ehrenmitglieder.**

IV. Vorstand.

§ 8.

Der Verwaltungs-Vorstand der Gesellschaft setzt sich zusammen aus: **Vorstand.**

1. dem Ehrenvorsitzenden,
2. dem Vorsitzenden,
3. dem stellvertretenden Vorsitzenden,
4. mindestens vier Beisitzern.

Den geschäftsführenden Vorstand im Sinne des § 26 des Bürgerlichen Gesetzbuches bilden:

1. der Vorsitzende,
2. der stellvertretende Vorsitzende,
3. mindestens vier Beisitzer.

§ 9.

An der Spitze der Gesellschaft steht der Ehrenvorsitzende, welcher in den Hauptversammlungen den Vorsitz führt und bei besonderen Anlässen die Gesellschaft vertritt. Demselben wird das auf Lebenszeit zu führende Ehrenamt von den in § 8, Absatz 1 unter 2—4 genannten Vorstandsmitgliedern angetragen. **Ehren-Vorsitzender.**

§ 10.

Die beiden geschäftsführenden Vorsitzenden und die fachmännischen Beisitzer werden von den Fachmitgliedern aus ihrer Mitte gewählt, während die anderen Beisitzer von sämtlichen Gesellschaftsmitgliedern aus den Mitgliedern gewählt werden. **Wahl der Vorstandsmitglieder.**

Werden mehr als vier Beisitzer gewählt, so muß der fünfte Beisitzer ein Fachmitglied der sechste ein Mitglied sein, u. s. f.

§ 11.

Die Mitglieder des geschäftsführenden Vorstandes werden auf die Dauer von drei Jahren gewählt. Im ersten Jahre eines Trienniums scheiden der Vorsitzende und die Hälfte der nicht fachmännischen Beisitzer aus; im zweiten Jahre der stellvertretende Vorsitzende und die Hälfte der fachmännischen Beisitzer; im dritten Jahre die übrigen Beisitzer. Eine Wiederwahl ist zulässig. **Ergänzungswahlen des Vorstandes.**

§ 12.

Scheidet ein Mitglied des geschäftsführenden Vorstandes während seiner Amtsdauer aus, so muß der geschäftsführende Vorstand einen Ersatzmann wählen, welcher verpflichtet ist, das Amt anzunehmen und bis zur nächsten Hauptversammlung zu führen. Für den Rest der Amtsdauer des ausgeschiedenen Vorstandsmitgliedes wählt die Hauptversammlung ein neues Vorstandsmitglied. **Ersatzwahl des Vorstandes.**

§ 13.

Geschäftsleitung.

Der geschäftsführende Vorstand leitet die Geschäfte und verwaltet das Vermögen der Gesellschaft. Er stellt einen Geschäftsführer an, dessen Besoldung er festsetzt.

Der geschäftsführende Vorstand ist nicht beschlußfähig, wenn nicht mindestens vier seiner Mitglieder zugegen sind. Die Beschlüsse werden mit einfacher Majorität gefaßt, bei Stimmengleichheit gibt die Stimme des Vorsitzenden den Ausschlag.

Der Geschäftsführer der Gesellschaft muß zu allen Vorstandssitzungen zugezogen werden, in denen er aber nur beratende Stimme hat.

Das Geschäftsjahr ist das Kalenderjahr.

V. Aufnahmebedingungen und Beiträge.

§ 14.

Aufnahme der Fachmitglieder.

Das Gesuch um Aufnahme als Fachmitglied ist an den geschäftsführenden Vorstand zu richten und hat den Nachweis zu enthalten, daß die Voraussetzungen des § 5 erfüllt sind. Dieser Nachweis ist von einem fachmännischen Vorstandsmitgliede und drei Fachmitgliedern durch Namensunterschrift zu bestätigen, worauf die Aufnahme erfolgt.

§ 15.

Aufnahme der Mitglieder.

Das Gesuch um Aufnahme als Mitglied ist an den geschäftsführenden Vorstand zu richten, dem das Recht zusteht, den Nachweis zu verlangen, daß die Voraussetzungen des § 6 erfüllt sind. Falls ein solcher Nachweis gefordert wird, ist er von einem Mitgliede des geschäftsführenden Vorstandes und drei Gesellschaftsmitgliedern durch Namensunterschrift zu bestätigen, worauf die Aufnahme erfolgt.

§ 16.

Eintrittsgeld.

Jedes eintretende Gesellschaftsmitglied zahlt ein Eintrittsgeld von 30 M.

§ 17.

Jahresbeitrag.

Jedes Gesellschaftsmitglied zahlt einen jährlichen Beitrag von 25 M., welcher im Januar eines jeden Jahres fällig ist. Sollten Gesellschaftsmitglieder den Jahresbeitrag bis zum 1. Februar nicht entrichtet haben, so wird derselbe durch Postauftrag eingezogen.

§ 18.

Lebenslänglicher Beitrag.

Gesellschaftsmitglieder können durch einmalige Zahlung von 400 M. lebenslängliche Mitglieder werden und sind dann von der Zahlung der Jahresbeiträge befreit.

§ 19.

Befreiung von Beiträgen.

Ehrenmitglieder sind von der Zahlung der Jahresbeiträge befreit.

§ 20.

Austritt.

Gesellschaftsmitglieder, welche auszutreten wünschen, haben dies vor Ende des Geschäftsjahres bis zum 1. December dem Vorstande schriftlich anzuzeigen. Mit ihrem Austritte erlischt ihr Anspruch an das Vermögen der Gesellschaft.

§ 21.

Ausschluß.

Erforderlichen Falles können Gesellschaftsmitglieder auf einstimmig gefaßten Beschluß des Vorstandes ausgeschlossen werden. Gegen einen derartigen Beschluß gibt es keine Berufung. Mit dem Ausschlusse erlischt jeder Anspruch an das Vermögen der Gesellschaft

VI. Versammlungen.

§ 22.

Die Versammlungen der Gesellschaft zerfallen in: Versammlungen.

1. die Hauptversammlung,
2. außerordentliche Versammlungen.

§ 23.

Jährlich soll, möglichst im November, in Berlin die Hauptversammlung abgehalten werden, in welcher zunächst geschäftliche Angelegenheiten erledigt werden, worauf die Vorträge und ihre Besprechung folgen. Hauptversammlung.

Der geschäftliche Teil umfaßt:

1. Vorlage des Jahresberichtes von seiten des Vorstandes.
2. Bericht der Rechnungsprüfer und Entlastung des geschäftsführenden Vorstandes von der Geschäftsführung des vergangenen Jahres.
3. Bekanntgabe der Namen der neuen Gesellschaftsmitglieder.
4. Ergänzungswahlen des Vorstandes und Wahl von zwei Rechnungsprüfern für das nächste Jahr.
5. Beschlußfassung über vorgeschlagene Abänderungen der Satzung.
6. Sonstige Anträge des Vorstandes oder der Gesellschaftsmitglieder.

§ 24.

Der geschäftsführende Vorstand kann außerordentliche Versammlungen anberaumen, welche auch außerhalb Berlins abgehalten werden dürfen. Er muß eine solche innerhalb vier Wochen stattfinden lassen, wenn ihm ein dahin gehender, von mindestens dreißig Gesellschaftsmitgliedern unterschriebener Antrag mit Angabe des Beratungsgegenstandes eingereicht wird. Außerordentliche Versammlungen.

§ 25.

Alle Versammlungen müssen durch den Geschäftsführer mindestens 14 Tage vorher den Gesellschaftsmitgliedern durch Zusendung der Tagesordnung bekannt gegeben werden. Berufung der Versammlungen.

§ 26.

Jedes Gesellschaftsmitglied hat das Recht, Anträge zur Beratung in den Versammlungen zu stellen. Die Anträge müssen dem Geschäftsführer 8 Tage vor der Versammlung mit Begründung schriftlich eingereicht werden. Anträge für Versammlungen.

§ 27.

In den Versammlungen werden die Beschlüsse, soweit sie nicht Aenderungen der Satzung betreffen, mit einfacher Stimmenmehrheit der anwesenden Gesellschaftsmitglieder gefaßt. Beschlüsse der Versammlungen.

§ 28.

Vorschläge zur Abänderung der Satzung dürfen nur zur jährlichen Hauptversammlung eingebracht werden. Sie müssen vor dem 15. Oktober dem Geschäftsführer schriftlich mitgeteilt werden und benötigen zu ihrer Annahme drei Viertel Mehrheit der anwesenden Fachmitglieder. Aenderungen der Satzung.

§ 29.

Art der Abstimmung.

Wenn nicht von mindestens zwanzig anwesenden Gesellschaftsmitgliedern namentliche Abstimmung verlangt wird, erfolgt die Abstimmung in allen Versammlungen durch Erheben der Hand.

Wahlen erfolgen durch Stimmzettel oder durch Zuruf. Sie müssen durch Stimmzettel erfolgen, sobald der Wahl durch Zuruf auch nur von einer Seite widersprochen wird.

§ 30.

Protokolle.

In allen Versammlungen führt der Geschäftsführer das Protokoll, welches nach seiner Genehmigung von dem jeweiligen Vorsitzenden der Versammlung unterzeichnet wird.

§ 31.

Geschäftsordnung.

Die Geschäftsordnung für die Versammlungen wird vom Vorstande festgestellt und kann auch von diesem durch einfache Beschlußfassung geändert werden.

VII. Auflösung der Gesellschaft.

§ 32.

Auflösung.

Eine Auflösung der Gesellschaft darf nur dann zur Beratung gestellt werden, wenn sie von sämtlichen Vorstandsmitgliedern oder von einem Drittel aller Fachmitglieder beantragt wird. Es gelten dabei dieselben Bestimmungen wie bei der Abänderung der Satzung.

§ 33.

Verwendung des Gesellschafts-Vermögens.

Bei Beschlußfassung über die Auflösung der Gesellschaft ist über die Verwendung des Gesellschafts-Vermögens zu befinden. Dasselbe darf nur zum Zwecke der Ausbildung von Fachgenossen verwendet werden.

III. Satzung

für den

Stipendienfonds der Schiffbautechnischen Gesellschaft.

§ 1.

Der Stipendienfonds ist aus den Organisationsbeiträgen und den Einzahlungen der lebenslänglichen Mitglieder gebildet worden. Er beträgt 200 000 Mark, welche im Preuß. Staats-Schuldbuche, mit 3 1/2 % verzinsbar, eingetragen sind. Fonds.

§ 2.

Die jährlichen Zinsen des Fonds in Höhe von 7000 Mark sollen verwendet werden: Verwendung.

a) Zur Sicherstellung des Geschäftsführers der Gesellschaft,
b) zur Gewährung von Reise-Stipendien an jüngere Fachmitglieder,
c) als Beihilfe zu wissenschaftlichen Untersuchungen von Gesellschaftsmitgliedern,
d) als Anerkennung für hervorragende Vorträge an jüngere Fachmitglieder.

§ 3.

In unruhigen oder sonst ungünstigen Zeiten, in denen die Mitglieder-Beiträge spärlich und unbestimmt eingehen, können die Bezüge des Geschäftsführers alljährlich bis zur Höhe von 7000 Mark aus den Zinsen des Stipendienfonds bestritten werden, wenn dies vom Vorstande beschlossen wird. Sicherstellung des Geschäftsführers.

§ 4.

Hervorragend tüchtige Fachmitglieder, welche nach vollendetem Studium mindestens 3 Jahre erfolgreich als Konstruktions- oder Betriebs-Ingenieure auf einer Werft oder in einer Schiffsmaschinenfabrik tätig waren und hierüber entsprechende Zeugnisse beibringen, können ein einmaliges Reisestipendium erhalten. Sie haben im März des laufenden Jahres ein dahingehendes Gesuch an den Vorstand zu richten, welcher ihnen bis zum 1. Mai mitteilt, ob das Gesuch genehmigt oder abgelehnt ist. Gründe für die Annahme oder Ablehnung braucht der Vorstand nicht anzugeben. Derselbe entscheidet auch von Fall zu Fall über die Höhe des zu bewilligenden Reise-Stipendiums. Gegen die Entscheidung des Vorstandes gibt es keine Berufung. Nach der Rückkehr von der Reise muß der Unterstützte in knappen Worten dem Vorstande eine schriftliche Mitteilung davon machen, welche Orte und Werke er besucht hat. Weitere Berichte dürfen nicht von ihm verlangt werden. Reisestipendien.



§ 5.

Beihilfen.

Gesellschaftsmitgliedern, welche sich mit wissenschaftlichen Untersuchungen bezw. Forschungsarbeiten auf den Gebieten des Schiffbaues oder des Schiffsmaschinenbaues beschäftigen, kann der Vorstand aus den Zinsen des Stipendienfonds eine einmalige oder eine mehrjährige Beihilfe bis zur Beendigung der betreffenden Arbeiten gewähren. Über die Höhe und die Dauer dieser Beihilfen beschließt der Vorstand endgültig.

§ 6.

Anerkennungen.

Für bedeutungsvolle Vorträge jüngerer Gesellschaftsmitglieder kann der Vorstand aus den Zinsen des Stipendienfonds, wenn es angebracht erscheint, geeignete Anerkennungen aussetzen.

§ 7.

Überschüsse.

Die in einem Jahre für vorstehende Zwecke nicht verbrauchten Zinsen werden den Einnahmen des laufenden Geschäftsjahres zugeführt.

§ 8.

Jahresbericht.

In der jährlichen Hauptversammlung muß der Vorstand einen Bericht über die Verwendung der Zinsen des Stipendienfonds im laufenden Geschäftsjahre erstatten. Die Rechnungsprüfer haben die Pflicht, die diesem Berichte beizufügende Abrechnung durchzusehen und daraufhin die Entlastung des Vorstandes auch von diesem Teile seiner Geschäftsführung bei der Hauptversammlung zu beantragen.

§ 9.

Änderungen der Satzung.

Vorschläge zur Abänderung der vorstehenden Satzung dürfen nur zur jährlichen Hauptversammlung eingebracht werden. Sie müssen vor dem 15. Oktober dem Geschäftsführer schriftlich mitgeteilt werden und benötigen zu ihrer Annahme drei Viertel der anwesenden Fachmitglieder.

IV. Bericht über das sechste Geschäftsjahr 1904.

Allgemeine Lage.

Das Bild, welches die Entwickelung der Schiffbautechnischen Gesellschaft zur Zeit darbietet, zeigt, daß der Verein nunmehr aus dem Stadium seines beispiellos raschen und glücklichen Aufschwunges in die Bahnen ruhigen und gleichmäßigen Fortbestandes gelangt ist. Die Mitgliederzahl des Vorjahres hat sich auf ihrer Höhe erhalten. Als ein gutes Zeichen für die gesunde Weiterentwickelung der Gesellschaft dürfte dabei der Umstand angesehen werden müssen, daß noch keineswegs alle als Gesellschaftsmitglieder in Frage kommenden Persönlichkeiten Deutschlands Angehörige des Vereins sind, sodaß auf einen weiteren Zuwachs mit Sicherheit gerechnet werden kann.

Das wichtigste und erfreulichste Ereignis des Jahres bildet die huldreiche Annahme der Ehrenmitgliedschaft unserer Gesellschaft durch Seine Königliche Hoheit den Großherzog Friedrich Franz IV. von Mecklenburg-Schwerin. Wir verdanken diese hohe und ehrende Auszeichnung der gnädigen Fürsorge und dem nimmermüden Interesse Seiner Königlichen Hoheit des Großherzogs von Oldenburg, unseres Hohen Ehrenvorsitzenden.

Veränderungen in der Mitgliederliste:

Seit Beginn dieses Jahres sind durch den Tod nachbenannte Gesellschaftsmitglieder abgerufen worden:

1. Herr Korvetten-Kapitän a. D. Burchard-Kiel, am 10. Januar.
2. „ Oberingenieur Hans Hansen-Kiel, am 13. Januar.
3. „ Geheimer Admiralitätsrat G. Langner-Berlin, am 23. April.
4. „ Schiffbaumeister Alex. Sieg-Stettin, am 17. Juni.
5. „ Chefingenieur d. Königl. Niederl. Marine G. Turk-Helder, am 27. Juni.
6. „ Schiffsbesichtiger Aug. von Appen-Hamburg, am 21. Juli.
7. „ Wirklicher Admiralitätsrat a. D. Alex. Rotter-Berlin, am 9. Oktober.



8. Herr Königl. Baurat Paul Kurth-Görlitz, am 28. Oktober.
9. „ Maschinenbau-Direktor Wilh. Müller-Kiel, am 23. Dezember.

An besonderer Stelle unseres Jahrbuches wird der Verstorbenen in der üblichen Weise gedacht werden.

Den Austritt aus der Gesellschaft zeigten im laufenden Geschäftsjahre an:

1. Herr Direktor Vetter-Neustadt a. H.
2. „ Oberingenieur Johannsen-Lübeck.
3. „ Ingenieur Max Lemcke-Stettin.
4. „ Oberinspektor A. Heise-Bremerhaven.
5. „ Konsul L. von Bremen-Kiel.
6. „ Direktor C. Brückner-Karlsruhe.
7. „ Fabrikbesitzer E. Schmölder-Heckmann-Rheydt.
8. „ Geheimer Kommerzienrat Podeus sen.-Wismar.
9. „ Direktor W. Ahrens-Kattowitz.
10. „ Ingenieur W. Thumm-Philadelphia.
11. „ Schiffbau-Ingenieur R. Hotop-Halensee.
12. „ Oberlehrer Johs. Gaude-Bremen.
13. „ Direktor A. Schlüter-Hamburg.
14. „ Direktor Otto H. Mueller-Berlin.
15. „ Reeder M. G. Amsinck-Hamburg.
16. „ Professor Rubens-Berlin.
17. „ Ingenieur H. Breda-Berlin.
18. „ Ingenieur J. V. Bülow-Göteborg.
19. „ Direktor H. Schneider-Laurahütte.
20. „ Fabrikbesitzer Dr. ing. L. Ehrhardt-Malstatt-Burbach.
21. „ Admiral F. Bendemann, Excellenz, Wilhelmshaven.
22. „ Fabrikbesitzer E. Düring-Itzehoe.
23. „ Ingenieur Carl Dulckeit-Riga.
24. „ Ingenieur Alb. Witetzki-Elbing.
25. „ Ingenieur Ad. Protz-Elbing.
26. „ Ingenieur Joh. Hercksen-Kiel.

Die Namen der neu eingetretenen Herren sind auf Seite 51—53 mitgeteilt.

Wirtschaftliche Lage.

Die von den Herren Rechnungsprüfern kontrollierte und für richtig befundene Abrechnung für 1903 stellt sich wie folgt:



Einnahmen.	1903.		Ausgaben.
	M.		M.
1. Kassenbestand ult. Dezember 1902	1 294,19	1. Jahrbuch 1903 nebst Versendung	13 976,40
2. Jahresbeiträge von 959 Gesellschaftsmitgliedern . .	28 770,—	2. Gehalte	6 783,10
3. Eintrittsgelder von 98 neuen Gesellschaftsmitgliedern .	2 940,—	3. Bureaubetrieb	1 979,64
4. Zinsen der lebenslänglichen Mitgliederbeiträge	900,—	4. Postausgaben	404,35
5. Zuschuß des Reichs-Marine-Amtes	1 500,—	5. V. Hauptversammlung . .	1 857,54
6. Ertrag von Jahrbüchern, 02, 01 u. 00 lt. Vertr. m. Spr.	1 730,28	6. Bibliothek	74,29
7. Verschiedene Einnahmen Sommerversammlung etc.)	128,75	7. Sommer-Versammlung in Stockholm	—
		8. Verschiedenes	960,08
		9. Ankauf von Staatspapieren	10 195,—
		Kassenbestand	1 032,82
Einnahmen . . . Sa.:	37 263,22	Ausgaben . . . . Sa.:	37 263,22

Die Richtigkeit dieser Einnahmen bescheinigen:
Berlin, den 29. April 1904.
gez. Vielhaben. gez. B. Masing.

Die Richtigkeit dieser Ausgaben bescheinigen:
Berlin, den 29. April 1904.
gez. Vielhaben. gez. B. Masing.

Die Ausgaben für das laufende Geschäftsjahr können aus den Einnahmen durch die Jahresbeiträge der Gesellschaftsmitglieder, sowie die Zinsen der lebenslänglichen Mitgliederbeiträge voll gedeckt werden. Durch strenge Befolgung des Prinzips äußerster Sparsamkeit, sowie dank dem Umstande, daß im abgelaufenen Jahre der bewilligte Kredit für die Sommerreise nicht in Anspruch genommen werden brauchte, und außerdem infolge der Einnahmen aus dem Erlöse der Jahrbücher war es möglich, für 30 000 M. Staatspapiere zu erwerben. Das festangelegte Vermögen der Gesellschaft hat damit den Betrag von 250 000 M. erreicht. Die im Berichte des Vorjahres ausgesprochene Hoffnung, daß nach Abschluß des Jahres 1903 die finanzielle Lage der Gesellschaft kein ungünstiges Bild bieten würde, hat sich somit erfüllt. Der Vorstand glaubt daher, namentlich im Interesse unserer jüngeren Mitglieder eine Herabsetzung des Jahresbeitrages vorschlagen zu dürfen.

Sommerversammlung in St. Louis.

Die gelegentlich der 5. Hauptversammlung von der Gesellschaft beschlossene Sommerreise nach St. Louis konnte wegen zu geringer Beteiligung nicht zur Ausführung kommen.



Tätigkeit der Gesellschaft.

1. Der von der III. Hauptversammlung herrührende Antrag Bauer, betreffend die Schaffung einheitlicher, technischer Bezeichnungen im Schiffbau, ist durch die gewählte Kommission erledigt worden. Das Resultat der Arbeiten wurde in der Hauptversammlung im November vorgelegt und genehmigt. Es ist am Schlusse dieses Jahrbuches auf Seite 467 zum Abdruck gekommen.

Herr Geheimer Marine-Ober-Baurat Rudloff erstattete hierüber folgenden Bericht:

Bericht

über die Arbeiten der Kommission zur Schaffung einheitlicher, schiffbautechnischer Bezeichnungen.

Nachdem die Arbeiten der im Jahre 1903 eingesetzten Kommission, die auf eine Anregung des Herrn Baurat Zimmermann hin inzwischen auch auf die Festlegung der schiffbautechnischen Begriffe ausgedehnt wurde, im November 1903 zum Abschluß gekommen waren, ist den Mitgliedern des Vereins mit dem Jahrbuch 1904 zugleich ein Abdruck zur Prüfung auf ihre Zweckmäßigkeit und Durchführbarkeit der von uns in Vorschlag gebrachten, schiffbautechnischen Begriffe und Bezeichnungen übersandt worden. Zugleich wurde gebeten, Abänderungsvorschläge mir, als dem Vorsitzenden der Kommission, bis zum Oktober d. J. einzusenden.

Wider Erwarten sind uns nur wenige Ausstellungen übermittelt worden. Denjenigen Herren, die sich der Mühe der eingehenden Durcharbeitung der Vorschläge unterzogen haben, es sind dieses die Herren: Abel, Bürkner, Grabowski, Koop, Krainer, Müller-Bremen, Rahn, Schlick, Steinike und Techel, spreche ich im Namen der Kommission unseren verbindlichsten Dank für ihre Mühewaltungen aus.

Die Abänderungsvorschläge der genannten Herren habe ich zur Berücksichtigung bei der nochmaligen Durcharbeitung der von uns gemachten Vorschläge der engeren Kommission, bestehend aus den Herren Flamm, Bauer und Dix, als Material überwiesen, deren Arbeit unter Berücksichtigung der von Seiten der Kommissionsmitglieder selbst für notwendig befundenen Änderungen in dem vorliegenden Entwurfe zur definitiven Annahme unterbreitet ist.

Der Vergleich des vorjährigen Entwurfes mit dem jetzt vorliegenden gibt zu folgenden Bemerkungen Anlaß:

1. Der erste Teil: „Schiffbautechnische Begriffe“ ist erheblich weiter ausgebaut worden Es wurde für notwendig befunden, auch die Begriffe für die verschiedenen im Schiffbau üblichen Längen- und Breitenangaben festzulegen. Der Punkt 6, Deplacement, ist erweitert und präziser gefaßt. Neu aufgenommen sind die Begriffe: Metazentrum, Freibord und Völligkeitsgrade.

2. Die Leitsätze für die Auswahl der Bezeichnungen sind unverändert in den neuen Entwurf übernommen worden, da von keiner Seite gegen dieselben Bedenken laut geworden sind.



3. Die Bezeichnungen selbst sind noch einmal eingehend gesichtet worden. Mehr wie bisher haben wir uns bemüht, die wirklich historischen Zeichen zu übernehmen. Zu diesen Zeichen rechnen wir auch L, B, T als Bezeichnung der Länge zwischen den Loten, der größten Breite in oder unterhalb der Konstruktionswasserlinie und die vielgeschmähte Konstruktionstiefe. Der Anregung, einzelne dieser Abkürzungen mit Indices zu versehen, konnten wir nicht Folge geben, da wir die Gleichung

$$L. B. T. \delta = \text{Deplacement}$$

gleichfalls für historisch halten.

Ich möchte hier noch bemerken, daß ein großer Teil der Abkürzungen in Teil III des Entwurfes lediglich aufgenommen wurde, wie auch auf Seite 470 Zeile 2 betont ist, um in Beispielen die Benutzung der Leitsätze für die Auswahl der Bezeichnungen zu zeigen.

4. Als gute Deutsche haben wir uns auch redlich bemüht, in dem Entwurfe alle entbehrlichen Fremdworte auszumerzen, wenn wir uns auch nicht entschließen konnten, in allen Punkten den uns zugegangenen Vorschlägen Folge zu geben. Es war uns nicht möglich, z. B. das Wort „Deplacement“ durch „Tracht“ und Völligkeitsgrad des Deplacements durch „Trächtigkeitsgrad“ zu verdeutschen. Gleichfalls wieder übernommen haben wir das Wort „Propeller“, weil es in seiner Eigenschaft als Sammelwort für Schraube, Rad, Turbine usw. durch kein gleichwertiges, deutsches Wort ersetzt werden kann.

Meine Herren, sollten Sie den Entwurf heute annehmen, so richte ich an Sie zugleich die Bitte, ihn später in Ihren Betrieben einzuführen und ihn auch in Ihren wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu benutzen. Namentlich an die Herren Dozenten der Technischen Hochschulen und Fachschulen wende ich mich mit dieser Bitte. Ihnen, den Erziehern unseres Nachwuchses, wird es in erster Linie zu danken sein, wenn wir in absehbarer Zeit einheitliche Begriffe und einheitliche Bezeichnungen in der Schiffbautechnik erhalten.

gez. Rudloff.

2. In betreff des Antrages Gümbel, wegen der Errichtung öffentlicher technischer Bibliotheken, welcher ebenfalls von der III. Hauptversammlung herrührt, ist folgendes zu berichten:

Der geschäftsführende Vorsitzende ist der Aufforderung zu einer Besprechung mit dem Dezernenten des Kultus-Ministeriums, welcher die Bibliothek-Angelegenheiten bearbeitet, am 2. November d. J. nachgekommen. In derselben wurde ihm mitgeteilt, daß der preußische Staatshaushalt für das Jahr 1904 eine neu geschaffene Stelle für einen Bibliothekar enthält, der bestimmt ist, die zu gründende technische Abteilung der Königlichen Bibliothek in Berlin zu übernehmen. Die Stelle ist bereits besetzt, und der Inhaber ist zu seiner Vorbereitung und Einübung augenblicklich damit beschäftigt, die Bibliothek der neuen Technischen Hochschule in Danzig einzurichten und zu ordnen. Es ist ferner in Aussicht genommen, die von den verschiedenen technischen Vereinen gewählten Mitglieder für die Bibliothek-Kommission zu einer gemeinsamen Sitzung im Kultus-Ministerium zusammenzurufen.

3. Die Arbeiten der Schiffbaumaterial-Kommission, welche auf der Sommerversammlung zu Düsseldorf 1902 berufen wurde, schweben noch. Der



Vorsitzende der Kommission, Herr Geheimer Marine-Ober-Baurat Rudloff, berichtet darüber wie folgt:

Bericht

über die Arbeiten der Schiffbaumaterial-Kommission.

Die Arbeiten der gelegentlich der Sommerversammlung in Düsseldorf 1902 eingesetzten Kommission, an deren Sitzungen auch die Vertreter der Hüttenwerke teilnahmen, wurden im letzten Jahre fortgeführt.

Als wertvolles Material dienten die Ergebnisse der Versuche, die im Sommer 1903 von der Firma Krupp im Auftrage der Hüttenwerke zur Gewinnung eines richtigen Bildes über die Beziehungen zwischen Festigkeit und Fließgrenze angestellt wurden (veröffentlicht in „Stahl und Eisen" 1903 No. 8). In der im November 1903 einberufenen gemeinsamen Sitzung der Vertreter der Eisenhüttenleute und der Schiffbautechnischen Gesellschaft wurde einstimmig anerkannt, daß die Ergebnisse dieser Versuche als einwandfrei und grundlegend anzusehen seien.

In der dann folgenden Besprechung hielt Herr Blohm es für sehr fraglich, ob die Schlußfolgerungen, die aus den Proben, wenn dieselben auch an sich einwandfrei seien, gezogen würden, auch auf große Blechtafeln prozentweise übertragbar seien. Er stellte ferner fest, daß die Schiffbauer an sich das weichere Material vorziehen; er sowohl wie Herr Pagel müßten indessen erst die untere Grenze kennen lernen, bis zu welcher die Walzwerke mit der Festigkeit heruntergehen wollten, ehe sie die Tragweite etwa vorzunehmender Abänderungen in den Abnahmebestimmungen ermessen könnten. Ohne Vornahme weiterer Proben könnten sich die Vertreter der Schiffbautechnischen Gesellschaft jedoch nicht der Anschauung der Vertreter der Eisenhüttenleute anschließen, daß auch hinsichtlich der konstruktiven Leistung das weichere Material ähnliche Vorzüge vor dem härteren besitze, wie sie allseitig hinsichtlich der Verarbeitung dem weicheren Material zuerkannt wurden.

Herr Professor Pagel hatte es damals bereitwilligst übernommen, ein Programm für weitere, vergleichende Versuche zwischen härterem und weicherem Material im Einvernehmen mit mir auszuarbeiten. Dieses Programm ist mir am 5. November zugegangen. Nach erfolgter Einigung zwischen uns wird das Programm der Kommission zur Genehmigung unterbreitet und dann hoffentlich bald zur Ausführung kommen, da Herr Geheimrat Lueg sich schon gelegentlich der Sommerversammlung in Düsseldorf im Namen des Vereins deutscher Eisenhüttenleute in liebenswürdigster Weise zur Vornahme weiterer Versuche bereit erklärte.

Wie bereits in Düsseldorf von Herrn Middendorf und mir darauf hingewiesen wurde, so wurde es auch in der Kommissionssitzung seitens unserer Vertreter mehrfach betont, daß wir ohne internationale Vereinbarungen kaum zum Ziel gelangen werden. Die Verwendung des weichen Materials sei mehr eine wirtschaftliche als eine technische Frage, da der Marktwert eines aus weichem Material gebauten Schiffes augenblicklich zweifellos sinke.

Meine Herren! Dieses Beispiel zeigt Ihnen zur Genüge, welche schwierigen Aufgaben der Kommission noch verbleiben, auch wenn wir uns nach Abschluß der beabsichtigten Versuche selbst darüber einig sind, daß das weichere Material unter allen Umständen vor dem



härteren den Vorzug verdient. Die uns aufgetragene Arbeit bedarf gründlicher und leider auch zeitraubender Untersuchungen, wenn sie zu einem gedeihlichen Ende gelangen soll.

gez. Rudloff.

4. Der Antrag Schulthes aus dem Jahre 1902 wegen Einführung einer Normal-Spannung für elektrische Anlagen an Bord ist erledigt. Die dafür berufene Kommission hat sich mit dem Verbande der deutschen Elektrotechniker über bestimmte Vorschläge geeinigt. Diese Vorschläge sind, wie im Berichte des Vorjahres erwähnt, auf der Jahresversammlung des Verbandes deutscher Elektrotechniker angenommen worden und vom Vorstande unserer Gesellschaft der Institution of Naval Architects, sowie der Association technique maritime, mit der Bitte um möglichsten Anschluß zugestellt worden.

5. Den Verhandlungen des Deutschen Verbandes für die Materialprüfung der Technik hat wie im Vorjahre Herr Baurat Haack als Delegierter der Schiffbautechnischen Gesellschaft beigewohnt. Herr Haack erstattet darüber folgenden Bericht:

Bericht.

Im Anschluß an meinen im 5. Jahrbuch der „Schiffbautechnischen Gesellschaft" veröffentlichten Bericht beehre ich mich, nachstehend über weitere Verhandlungen des Deutschen Verbandes für Materialprüfungen der Technik zu melden, daß am 17. Dezember 1903 eine Sitzung der Kommission 3 dieses Verbandes in Berlin tagte.

Anwesend waren die Herren:

Rieppel, Eckermann, Böcking, von Borries, Gathmann, Gillhausen, Haack, Kintzlé, Knaudt, Kohn, Krohn, Martens, Mehrtens, Rauchfuß, Sugg, Weyrich.

Gegenstand der Beratung bildete:

Eine internationale Regelung der Vorschriften aller großen Staaten für die Beschaffenheit, Prüfung und Abnahme von Eisen- und Stahl-Material aller Art.

Nach längerer Beratung wurde beschlossen, daß zur Regelung der einheitlichen Vorschriften im Schiffbau die derzeitige Unterkommission 3 d durch mehrere Fachleute verstärkt werden solle. Zu diesem Zwecke wurden folgende Herren gewählt:

Ehrensberger, Direktor der Fried. Krupp Akt.-Ges, Essen.
Jäger, Geh. Baurat im Reichs-Marine-Amt, Berlin.
Pagel, Direktor des Germanischen Lloyd, Berlin.
Rudloff, Geh. Oberbaurat im Reichs-Marine-Amt, Berlin.
Walter, Oberingenieur des Norddeutschen Lloyd, Bremen.
Zimmermann, Direktor der Stettiner Maschinenbau-Akt.-Ges. „Vulcan", Stettin.

Von dem Obmann dieser so verstärkten Kommission 3 d (Schiffbaueisen) wurden folgende drei Fragen aufgestellt:



1. Ist das Verschmelzen der jetzt bestehenden Vorschriften für die Prüfung und Abnahme von Schiffbaueisen bei der Kaiserlichen Marine und bei dem Gemanischen Lloyd aus geschäftlichen Rücksichten wünschenswert?
2. Ist dieselbe aus sachlichen Gründen möglich, d. h. wird keine der Vorschriften mit Rücksicht auf ihren Spezialcharakter leiden, wenn sie der anderen angepaßt wird?
3. Wenn die Frage zu 2 bejaht wird, ist Aussicht vorhanden, daß die betreffenden beiden Behörden auf eine Verschmelzung der Vorschriften eingehen würden?

Behufs Beratung und Beschlußfassung dieser drei Fragen wurde die Subkommission auf den 17. Oktober d. J. zu einer Sitzung in Berlin eingeladen. Erschienen waren dazu die Herren:

Rauchfuß, (stellvertretender Obmann).
Gathmann.
Haack.
Borgstede (für Herrn Ziese).
Pagel.
Rudloff.
Walter.

Nach Eröffnung der Sitzung wurde zunächst hervorgehoben, daß in der Kommission sowohl Hüttenfach als Schiffbaufach, Kriegsschiffbau als Handelsschiffbau, Schiffsbesteller als Schiffserzeuger vertreten seien, weshalb sie als besonders kompetent für die Beantwortung der Fragen angesehen werden müsse.

Eine sehr eingehende Beratung der für und gegen den Inhalt der gestellten Fragen sprechenden Umstände führte zu dem Schluß, daß sie sämtlich mit „Nein" beantwortet wurden, d. h. „weder aus sachlichen noch aus geschäftlichen Gründen erscheint es wünschenswert, die Vorschriften der Kaiserlichen Marine mit denen des Germanischen Lloyd zu einer Vorschrift zu verarbeiten".

Demnach bleiben die Vorschriften der Kaiserlichen Marine für die Abnahme von Schiffbaustahl und Schweißeisen als:

Deutsche Vorschrift für Material zum Kriegsschiffbau

und die entsprechenden Vorschriften des Germanischen Lloyd als:

Deutsche Vorschrift für Handelsschiffbau

bestehen.

gez. R. Haack,
Königlicher Baurat.

6. Die vom Verein deutscher Ingenieure unternommene Herstellung eines Technolexikons befindet sich im Fortgange.

7. Über die Tätigkeit der Kommission für die Beratung der neuen polizeilichen Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln berichtet der Vorsitzende:

Nachdem bereits im vorigen Jahre der preußische Handelsminister den Verein deutscher Ingenieure aufgefordert hatte, zu den neuen, von ihm ausgearbeiteten polizeilichen Be-



stimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln Stellung zu nehmen, hat auch der Verein deutscher Schiffswerften sich mit dieser Frage beschäftigt. Derselbe wählte aus seiner Mitte eine Kommission, bestehend aus den Herren:

Geheimrat Busley, Berlin.
Direktor Cornehls, Hamburg.
Baurat Flohr, Stettin.
Werftbesitzer Holtz, Harburg a. E.
Kommerzienrat Gotthard Sachsenberg, Roßlau a. E.,

um die vom Verein deutscher Ingenieure vorgeschlagenen Abänderungen des ministeriellen Entwurfes einer Prüfung daraufhin zu unterziehen, ob sie auch den Wünschen der Schiffskessel-Interessenten entsprächen. Auf Anregung des Vorstandes der Schiffbautechnischen Gesellschaft wurde diese Kommission seitens der letzteren verstärkt durch die Herren:

Oberinspektor Beul, Bremerhaven,
Maschineninspektor Eberhardt, Stettin,
Maschineninspektor Lass, Hamburg,
Oberingenieur Pohl, Hamburg, und
Direktor Freiherr von Rolf, Düsseldorf,

damit nicht bloß die Kesselerbauer, sondern auch die Betriebsleiter der großen Schiffskessel-Anlagen in der Kommission vertreten wären.

Diese Kommission hat nun einen neuen Entwurf der polizeilichen Bestimmungen welche nur für Schiffskessel gelten sollen, ausgearbeitet, nachdem bereits der Verein deutscher Ingenieure die grundsätzliche Trennung der Landkessel von den Schiffskesseln als erforderlich erachtet hatte. Dieser Entwurf ist nebst einer Begründung dem Reichskanzler mit der Bitte eingereicht worden, daß hiernach der ursprüngliche, preußische Entwurf abgeändert werden möchte. Inzwischen ist nun ein verbesserter, zweiter preußischer Entwurf bekanntgegeben, der den meisten Abänderungen des ersten Entwurfes, welche der Verein deutscher Ingenieure angeregt hatte, Rechnung trägt. Die Wünsche der Schiffswerften und der Schiffbautechnischen Gesellschaft sind leider in diesem Entwurfe nicht genügend berücksichtigt. Wir sind daher zusammen mit dem Verein deutscher Schiffswerften nochmals beim Reichskanzler vorstellig geworden, daß wir einen Vertreter zu den demnächst im Reichsamt des Innern beginnenden endgültigen Verhandlungen entsenden möchten. Es ist uns daraufhin mitgeteilt worden, daß als gemeinsamer Vertreter des Vereines deutscher Schiffswerften und der Schiffbautechnischen Gesellschaft unser Vorsitzender eingeladen werden soll, der es sich angelegen sein lassen wird, unseren berechtigten Wünschen Anerkennung zu verschaffen.

8. Kommission betr. Überwachung der elektrischen Anlagen.

Die preußische Regierung hat ein Gesetz über die Erstattung der Kosten, welche durch die Überwachung der elektrischen Anlagen entstehen, beim Landtage eingebracht. Gegen dieses Gesetz hat der Vorsitzende im Verein mit den Vertretern anderer namhafter technischer Vereine in einer am 28. Februar 1904 stattgehabten Sitzung der 12. Kommission des Abgeordnetenhauses Stellung genommen. Infolge hiervon ist seitens des Abgeordnetenhauses eine wesentliche Milderung der ursprünglichen Fassung dieses Gesetzes vorgenommen worden. Das derartig abgeänderte Gesetz hat indessen nicht die Billigung des Herrenhauses gefunden, vielmehr hat das letztere den Regierungs-Entwurf wieder hergestellt, und das Abgeordnetenhaus hat nun das Gesetz an seine Kommission zurück verwiesen, mit der die obengenannten Vertreter der technischen Vereine nochmals in Verhandlung getreten sind.



Am 19. Oktober haben außerdem noch besonders der Verband deutscher Elektrotechniker, der Verein deutscher Ingenieure und einige weitere technische Vereine eine Petition an den Bundesrat gerichtet, in welcher um eine reichsseitige Regelung der einschlägigen Materie gebeten wird, weil auch Bayern, Sachsen, Württemberg und andere deutsche Staaten ein ähnliches Gesetz wie Preußen zu erlassen beabsichtigen. Auch diese Petition ist mit Zustimmung des Vorstandes von unserem Vorsitzenden namens der Schiffbautechnischen Gesellschaft unterzeichnet worden. Wir hoffen auf eine für die gesamte deutsche Industrie günstigere Erledigung dieser Angelegenheit, als sie nach dem ersten preußischen Entwurf erwartet werden konnte.

Allen Herren, welche sich der Bearbeitung vorstehend aufgeführter Aufgaben unterzogen haben, beehrt sich der Vorstand an dieser Stelle seinen verbindlichsten Dank abzustatten.

Gedenktage.

Wie üblich sind auch in diesem Jahre mehreren Gesellschaftsmitgliedern, bezw. den Firmen, welchen sie angehören, zu besonderen Gedenktagen die Glückwünsche der Schiffbautechnischen Gesellschaft seitens des Vorstandes, soweit wie möglich mündlich oder schriftlich oder auch auf telegraphischem Wege, übermittelt worden.

Es feierten:

Herr Georg W. Claussen-Geestemünde sein 25 jähriges Geschäfts-Jubiläum am 6. März.

Die Firma Gebr. Sachsenberg-Roßlau a. E. das 60 jährige Geschäfts-Jubiläum am 8. März.

Herr Carl Flohr-Berlin das 25 jährige Geschäfts-Jubiläum am 2. Juli.

Das Gußstahlwerk Witten das 50 jährige Geschäfts-Jubiläum am 10. Juli.

Herr W. Genest-Berlin das 25 jährige Geschäfts-Jubiläum am 1. Oktober.

Herr C. Hartmann-Hamburg das 25 jährige Dienst-Jubiläum am 3. November.

V. Bericht über die VI. ordentliche Hauptversammlung.

Ungefähr 600 Mitglieder und geladene Gäste aus den Kreisen der obersten Militär- und Zivil-Behörden hatten sich am 17. November in der Aula der Königlichen Technischen Hochschule zur VI. Hauptversammlung der Schiffbautechnischen Gesellschaft versammelt. Einen besonderen Glanz erhielt die Zusammenkunft dadurch, daß die Gesellschaft die hohe Ehre hatte, an den Vormittagen beider Versammlungstage den Allerhöchsten Protektor, Seine Majestät den Kaiser und König in ihrer Mitte zu sehen. Hierzu kommt, daß der Ehrenvorsitzende, Seine Königliche Hoheit der Großherzog von Oldenburg die Gesellschaft durch Höchsteigene Leitung der Verhandlungen auszeichnete.

Erster Tag:

Seine Majestät der Kaiser und König erschien zur anberaumten Stunde, wie üblich von Rektor und Senat an der Treppe der Hochschule empfangen, von den Mitgliedern des Vorstandes in die Aula geleitet. Nach einer kurzen Begrüßung seitens Seiner Königlichen Hoheit des Großherzogs von Oldenburg gab der Allerhöchste Protektor die Erlaubnis zur Eröffnung der Sitzung, worauf Herr Professor Dr. Ahlborn das Wort zu seinen Vorträgen:

1. „Die Wirbelbildung im Widerstandsmechanismus des Wassers"
2. „Die Wirkung der Schiffsschraube auf das Wasser"

erhielt.

Der Redner knüpfte an seine vorjährigen Ausführungen an und brachte die Resultate seiner in diesem Jahre weitergeführten, eifrigen und mühevollen Forscherarbeit auf dem Gebiete des Wasserwiderstandes zur Kenntnis der Versammlung. Es gelang ihm durch seine klare und fesselnde Vortrags

weise das lebhafte Interesse seiner Zuhörer zu erwecken. Nach Schluß seines mit reichem Beifall belohnten Vortrages entspann sich eine eingehende Erörterung in welcher nicht weniger als 9 Redner, nämlich die Herren: Professor Schütte, Marinebaumeister Dix, Geheimrat Rudloff, Ingenieur Gümbel, Professor Lorenz, Geheimrat Busley, Baurat Flohr, Ingenieur Dr. Wagner und zum zweiten Male Marinebaumeister Dix zu Worte kamen.

Den zweiten Vortrag in Gegenwart Seiner Majestät des Kaisers hielt Herr Professor Dr. F. Braun von der Universität in Straßburg über:

„Neuere Methoden und Ziele der drahtlosen Telegraphie".

Der überaus fesselnde Vortrag wurde von einer großen Anzahl glänzender und aufs beste gelungener Experimente unterstützt, und so konnte es nicht ausbleiben, daß dem Redner zum Schlusse durch lebhaften, lang andauernden Beifall gedankt wurde. Die Diskussion konnte sich bei der eigenartigen Natur des Themas nicht sehr ausdehnen. Es sprachen nur die Herren: Dr. Beggerow und Dr. Eichhorn, welche Herrn Professor Braun zu einigen weiteren Ausführungen veranlaßten.

Am Nachmittage des ersten Tages kamen noch zwei Vorträge zur Verhandlung. Es sprach Herr Diplom-Ingenieur Herm. Föttinger-Stettin über:

„Die neuesten Konstruktionen und Versuchsergebnisse von Torsionsindikatoren"

und Herr Marinebaumeister Strache-Wilhelmshaven über:

„Arbeitsausführung im steigenden Zeitlohn".

Herr Föttinger brachte eine sehr wertvolle Erweiterung seines im Jahre 1902 gehaltenen Vortrages und erntete hiermit den besonderen Beifall der Schiffsmaschinenbauer. In die Diskussion griffen die Herren Konsul Schlick und Geheimrat Flamm ein.

Der Vortrag des Herrn Baumeister Strache knüpfte teilweise an den Vortrag an, welchen Herr Geheimrat Wiesinger im vorigen Jahre gehalten hatte. Die durch Zeichnungen und statistische Angaben trefflich unterstützten Ansichten des Herrn Strache hielten die Aufmerksamkeit der Versammlung trotz der späten Nachmittagsstunde wach, und verdienter Beifall folgte seinen



Worten. In der anschließenden Erörterung sprachen Herr Geheimrat Wiesinger, Herr Geheimrat Harms (Gast) und Herr Marine-Oberbaurat Flach.

Zweiter Tag.

Der zweite Tag begann, wie üblich, mit der geschäftlichen Sitzung, über deren Verlauf das auf S. 51 wiedergegebene Protokoll Auskunft gibt. Um 10 Uhr mußte die geschäftliche Sitzung unterbrochen werden, um nach der Ankunft Seiner Majestät des Kaisers sofort mit den Vorträgen fortzufahren.

Als erster Redner behandelte Herr Professor W. Hartmann-Berlin das Thema:

„Ventilsteuerungen und deren Verwendbarkeit für Schiffsmaschinen."

Die durch Vorführung von charakteristischen Lichtbildern und vorzüglichen Modellen begleiteten Darlegungen des Vortragenden führten die meisten Zuhörer in ein Gebiet ein, auf dem wohl nur die anwesenden Maschinenbauer bis dahin heimisch waren. Der Wichtigkeit des Themas entsprach die Lebhaftigkeit der folgenden Diskussion, in welcher die Herren: Professor Leist, Marine-Baumeister Grauert, Ingenieur Ott, Ingenieur Merck, Ingenieur Lentz und Kommerzienrat Gotth. Sachsenberg das Wort erbaten.

Den zweiten Vortrag des Tages hielt Herr Ingenieur und Fabrikbesitzer E. Capitaine-Frankfurt a. M. über:

„Die Gasmaschine im Schiffsbetrieb."

Die von ihm vorgeführten Konstruktionen, größtenteils eigene Erfindungen, erläuterte er in überzeugend wirkenden lebenden Zeichnungen und durch höchst instruktive Lichtbilder. Der Vortrag fand reichen Beifall, weil man vielfach der Ansicht war, daß die vorgeführten Konstruktionen für mittlere und kleinere Maschinen auf Kanal- und Flußschiffen von Bedeutung werden können. An der Diskussion beteiligten sich die Herren: Kapitän z. See Wallmann, Ingenieur Stein, Direktor Blümcke und Herr Roer, Vorsitzender im Aufsichtsrate der „Nordseewerke".

Besonderes Interesse erregte bei den anwesenden Offizieren des Heeres und der Flotte der folgende Vortrag des Herrn Direktor Krell der Siemens-Schuckert-Werke:

„Der gegenwärtige Stand der Scheinwerfer-Technik."

Auch bei diesem Vortrage fand eine ausgiebige Verwendung von Lichtbildern statt, außerdem wurde ein großer Scheinwerfer im Betriebe vorgeführt. Für die Diskussion meldete sich Herr Korvetten-Kapitän z. D. Friedländer (Gast).

Den letzten Vortrag hielt Herr Direktor A. Wiecke-Düsseldorf, welcher ein für den Schiffahrtsbetrieb sehr wichtiges Gebiet der Eisenhüttenkunde behandelte. Sein Thema lautete:

„Über die Herstellung von Stahlblöcken für Schiffswellen in Hinsicht auf die Vermeidung von Brüchen."

Der Redner unterstützte seine Ausführungen ebenfalls durch zahlreiche Lichtbilder. Der laute Beifall am Schlusse seines Vortrages bewies, wie gut es ihm gelungen war, das allgemeine Interesse zu erwecken. Über die rein fachmännischen Behauptungen des Vortragenden konnten sich naturgemäß nur Eisenhüttenleute ein Urteil erlauben, weswegen es nicht weiter verwunderlich ist, wenn sich für die Diskussion als einziger Redner nur Herr Oberingenieur Riemer meldete.

Hierdurch war die Tagesordnung für die Sitzung erledigt, weshalb der Ehrenvorsitzende, Seine Königliche Hoheit der Großherzog von Oldenburg, die VI. Hauptversammlung für beendet erklärte.

Am Sonnabend, den 19. November fand laut Programm die Besichtigung des Königlichen Materialprüfungsamtes zu Groß-Lichterfelde statt, deren praktische und vorzügliche, am Schlusse des Jahrbuches in einem besonderen Artikel beschriebenen Einrichtungen das uneingeschränkte Lob aller Besucher hervorriefen.



VI. PROTOKOLL

über die geschäftliche Sitzung der VI. ordentlichen Hauptversammlung

am 18. November 1904.

Auf der Tagesordnung stehen folgende Punkte:

1. Vorlage des Jahresberichtes.
2. Bericht der Rechnungsprüfer.
3. Entlastung des Vorstandes von der Geschäftsführung des Jahres 1903.
4. Bekanntgabe der Namen der neuen Gesellschaftsmitglieder.
5. Neuwahlen und Wahlen nach § 23 der Satzung:
   a) Stellvertretender Vorsitzender;
   b) Vier Beisitzer;
   c) Rechnungsprüfer für 1904.
6. Anträge des Vorstandes.
7. Anträge der Mitglieder.
8. Sommerversammlung 1905.

Bei Beginn der Sitzung um 9 Uhr vormittags sind 63 Gesellschaftsmitglieder anwesend. Es wird wie folgt verhandelt:

1. Der Geschäftsführer erhält das Wort zur Vorlesung des Geschäftsberichtes, welchen die Versammlung genehmigt.

2. Über die Rechnungsablage des Geschäftsjahres 1903 wird durch Herrn Rechtsanwalt Dr. Vielhaben berichtet, worauf

3. die Entlastung des Vorstandes von der Geschäftsführung des Jahres 1903 ausgesprochen wird.

4. Neu aufgenommen wurden im laufenden Geschäftsjahre nachbenannte Herren:

1. Biles, John Harvard, Professor an der Universität Glasgow, lebenslängliches Fachmitglied.

Fachmitglieder.

2. Behn, Theodor, Diplom-Ingenieur, Hamburg.
3. Berner, Otto, Ingenieur, Hamburg.
4. Bocchi, Guido, Schiffbau-Ingenieur, Genua.

5. Hartmann, Hans, Kaiserl. Marine-Baumeister, Wilhelmshaven.
6. Meifort, Joh., Ingenieur, Hamburg.
7. Soliani, Nabor, Direktor der Schiffswerft und Maschinenfabrik von Ansaldo, Armstrong & Co. in Genua.
8. Viereck, W., Ingenieur, Kiel.

Mitglieder.

9. Behrens, Karl, Generaldirektor und Bergrat, Herne.
10. Brand, Robert, Fabrikant, Remscheid-Hasten.
11. Braun, Dr. F., Professor an der Universität in Straßburg i. Els.
12. Broström, Dan, Schiffsreeder, Göteborg.
13. Duschka, H., Fabrikant, Hamburg.
14. Ellingen, W., Ingenieur und Direktor, Köln.
15. Engels, Hubert, Geheimer Hofrat und Professor an der technischen Hochschule in Dresden-A.
16. Frickart, J. R., Chef-Ingenieur, Mülhausen i. E.
17. Fritz, P., Konsul und Ingenieur, Berlin.
18. Haller, M., Ingenieur und Direktor, Berlin.
19. Hartwig, Rudolf, Diplom-Ingenieur, Rüttenscheid b. Essen.
20. Hennicke, Geheimer Ober-Postrat, Berlin.
21. Hirsch, Emil, Kaufmann, Mannheim.
22. Kaufhold, Max, Fabrikdirektor, Essen a. Ruhr.
23. Koehlmann, C. A., Fabrikbesitzer, Rittmeister a. D., Charlottenburg.
24. Krell, Otto, Direktor, Berlin.
25. Kübler, Wilhelm, Professor an der technischen Hochschule in Dresden.
26. Kunstmann, Arthur, Konsul und Reeder, Stettin.
27. Langheinrich, Ernst, Fabrikdirektor, Kalk b. Köln.
28. Lentz, Hugo, Ingenieur, Berlin.
29. Lichtensteiner, Ludwig, Ingenieur, Berlin.
30. Meier, M., Hüttendirektor, Differdingen.
31. Merk, Karl H., Ingenieur, Halensee b. Berlin.
32. Mertens, Kurt, Ingenieur, Hamburg-Uhlenhorst.
33. Mrazek, Franz, Ingenieur, Direktor der Skodawerke A. G., Pilsen.
34. Ott, Max, Diplom-Ingenieur, Schmargendorf b. Berlin.
35. Podeus, Paul, Ingenieur, Wismar i. M.
36. Polis, Albert, Kapitän und Prokurist der H. A. P. A. G., Hamburg.
37. Preiner, Johann, Ingenieur, Eichberg (Nieder-Oesterreich).



38. Rehmann, Fritz, Direktor, Mülheim a. Ruhr.
39. Sachse, Walter, Kapitän und Oberinspektor der H. A. P. A. G., Hamburg.
40. Saefkow, Otto, Kaufmann, St. Petersburg.
41. Scharrer, G., Kaufmann, Duisburg a. Rh.
42. v. Schlichting, Kaiserl. Ober-Postdirektor, Bremen.
43. Schulze, F. F. A., Fabrikbesitzer, Berlin.
44. von Schütz, Julius, Ingenieur, Berlin.
45. Sening, Aug., Fabrikant, Hamburg.
46. Siebert, George, Prokurist bei F. Schichau, Elbing.
47. Sorge, Otto, Maschinen-Ingenieur, Grunewald-Berlin.
48. Stachelhaus, Herm., Reeder und Fabrikant, Mannheim.
49. Stein, Ingenieur und Direktor, Mülheim a. Rh.
50. Sugg, Direktor, Königshütte O.-S.
51. Takikawa, Tomokazu, Kapitän zur See, japanischer Marine-Attaché, Berlin.
52. Vorbeck, Geheimer Ober-Postrat und Ober-Postdirektor, Hamburg.
53. Wirtz, Adolf, Diplom-Hütten-Ingenieur, Rheinau (Baden).
54. Zörner, Königl. Bergrat und Generaldirektor, Kalk b. Köln.

5. Die satzungsgemäß zu vollziehenden Wahlen werden durch Stimmzettel ausgeführt. Als Resultat ergibt sich die einstimmige Annahme der Vorschläge des Vorstandes, sodaß:

Herr Geheimer Marine-Oberbaurat Rudloff als stellvertretender Vorsitzender,

„ Kommerzienrat Gotthard Sachsenberg
„ Baurat R. Zimmermann
„ Geheimer Marine-Baurat Aßmann

} als fachmännische Beisitzer,

sowie Herr Konsul Ed. Woermann als nichtfachmännischer Beisitzer gewählt sind.

Der Verwaltungsvorstand für das Geschäftsjahr 1905 setzt sich demnach zusammen aus:

Seiner Königlichen Hoheit dem Großherzog Friedrich August von Oldenburg, Ehrenvorsitzender,

sowie den Herren:

Geheimer Regierungsrat und Professor Busley, Vorsitzender,

Geheimer Marine-Oberbaurat Rudloff, Stellvertretender Vorsitzender,

Geheimer Marine-Baurat Aßmann Professor Pagel Kommerzienrat Gotth. Sachsenberg Konsul Otto Schlick Baurat R. Zimmermann	Fachmännische Beisitzer.
Konsul Fr. Achelis Geheimer Kommerzienrat Aug. Schultze Konsul Ed. Woermann	Nichtfachmännische Beisitzer.

Den geschäftsführenden Vorstand im Sinne des § 26 des Bürgerlichen Gesetzbuches bilden die Herren:

Geheimer Regierungsrat Professor Busley, Vorsitzender,
Geheimer Marine-Oberbaurat Rudloff, Stellvertretender Vorsitzender,

Geheimer Marine-Baurat Aßmann Professor Pagel Kommerzienrat Gotth. Sachsenberg	Fachmännische Beisitzer.

Konsul Ed. Woermann, Nichtfachmännischer Beisitzer.

Wiedergewählt werden durch Zuruf als Rechnungsprüfer für das Jahr 1904 die Herren:

Rechtsanwalt Dr. Vielhaben, Hamburg, und
Direktor Masing, Dresden,

die sich zur Übernahme des Amtes bereit erklären.

6. Bei Punkt 6 der Tagesordnung erläutert der Vorsitzende die Gründe, welche zu dem Antrage des Vorstandes geführt haben, die §§ 8—15 sowie 23 und 24 zu ändern.

Die in Vorschlag gebrachte Neufassung der genannten Paragraphen der Satzung wird genehmigt.

Die Behandlung des weiteren Vorstandsantrages, den Jahresbeitrag herabzusetzen (§ 17), behält sich der Vorsitzende bis nach Erledigung des Antrages Techel vor, welcher lautet:

> „Der Vorstand wird gebeten, in Zukunft das Jahrbuch sofort nach seinem Erscheinen an die Mitglieder zu versenden, ohne Rücksicht darauf, ob der Jahresbeitrag derselben schon eingegangen ist."

7. Herr Techel begründet seinen Antrag, für welchen ferner die Herren Baumeister Grauert und Geheimrat Flamm sprechen, während Herr Geheimrat Busley den Standpunkt des Vorstandes auseinandersetzt, worin ihn Herr Admiral Thiele unterstützt. Die Abstimmung über den Antrag Techel ergibt seine Annahme mit 44 gegen 34 Stimmen. Der geschäftsführende Vor-

sitzende erklärt hierauf, daß der Vorstand seinen Antrag zu § 17 der Satzung zurückzieht. Herr Geheimrat Flamm wünscht, daß die Tagesordnung der geschäftlichen Sitzung einige Tage vor Beginn derselben bekanntgegeben wird. Der Vorsitzende sagt Herrn Flamm die Erfüllung seines Wunsches zu. Herr Direktor Schulthes beantragt, daß der Vorstandsantrag wegen Herabsetzung des Jahresbeitrages von der Versammlung wieder aufgenommen und diskutiert werde.

Wegen Ankunft Seiner Majestät des Kaisers vertagt der Vorsitzende um 10 Uhr die geschäftliche Sitzung bis 1 Uhr 30 Minuten nachmittags.

Zur genannten Zeit eröffnet der Vorsitzende die geschäftliche Sitzung wieder und verkündet den Ausfall der vorgenommenen Vorstandswahlen, wie sie vorstehend aufgeführt sind. Gleichzeitig spricht er der Versammlung den Dank des Vorstandes für das Vertrauen aus, welches sich in der einstimmig erfolgten Annahme der Wahl der vorgeschlagenen Vorstandsmitglieder kundgibt.

Dem Wunsche des Herrn Direktor Schulthes nachgebend, bringt der Vorstand seinen Antrag auf Verminderung des Jahresbeitrages wieder ein. Die alsbald vorgenommene Abstimmung ergibt die einstimmige Annahme des Antrages, den Jahresbeitrag auf 25 M. zu ermäßigen.

Im Anschluß hieran wird die Genehmigung zu einem Dringlichkeitsantrage des Vorstandes beschlossen, wonach der § 17 der Satzung dahin abgeändert werden soll, daß die Einziehung der Jahresbeiträge durch Postauftrag schon nach dem 1. Februar jeden Jahres zulässig sei. Die Versammlung stimmt diesem Antrage zu.

8. Der vom Vorstande der Versammlung vorgelegte Voranschlag für 1905 wird genehmigt und dabei beschlossen, für eine Sommerversammlung in Danzig einen Kredit von 3000 M. in den Etat einzustellen.

Gleichzeitig wird der Vorstand beauftragt, die für diese Sommerversammlung erforderlichen Vorarbeiten vorzunehmen, sobald offizielle Einladungen seitens der Vertretung der Provinz Westpreußen bezw. der Stadt Danzig, sowie vom Rektor und Senat der Königl. Technischen Hochschule an die Gesellschaft ergehen.

Schluß der Sitzung 2 Uhr 15 Minuten.

Charlottenburg, den 17. November 1904.

gez. Busley,
Geschäftsführender Vorsitzender.

gez. H. Seidler,
Schriftführer.



VII. Unsere Toten.

Wie im Geschäftsberichte bereits angeführt wurde, hatte die Schiffbautechnische Gesellschaft im Jahre 1904 leider den Heimgang von 9 Mitgliedern zu beklagen, nämlich:

1. Herr Korvettenkapitän a. D. Burchard-Kiel, am 10. Januar;
2. Herr Oberingenieur Hans Hansen-Kiel, am 13. Januar;
3. Herr Geheimer Admiralitätsrat Georg Langner-Berlin, am 23. April;
4. Herr Schiffsbesichtiger Aug. von Appen-Hamburg, am 13. Mai;
5. Herr Schiffsbaumeister Alex. Sieg-Stettin, am 17. Juni;
6. Herr Chefingenieur der Königl. Niederl. Marine G. Turk-Helder, am 27. Juni;
7. Herr Wirkl. Admiralitätsrat a. D. Alex. Rotter-Berlin, am 9. Oktober;
8. Herr Königl. Baurat Paul Kurth-Görlitz, am 28. Oktober.
9. Herr Maschinenbau-Direktor Wilh. Müller-Kiel, am 23. Dezember.

OTTO BURCHARD.

Otto Burchard war am 6. September 1865 zu Rostock i. M. geboren. Er besuchte das Gymnasium seiner Vaterstadt und später das Fähnrichsinstitut von Dr. Schlichting in Kiel, um sich der Seeoffizierslaufbahn zu widmen. Im Jahre 1882 trat er als Kadett in die Kaiserliche Marine, worauf er im Jahre 1885 zum Unterleutnant befördert wurde. Als solcher war er Zeuge einiger ereignisreicher Tage; am 18. Dezember 1888 machte er das Gefecht in Samoa mit, wobei er verwundet wurde, und am 16. März des folgenden Jahres erlebte er auf S. M. S. „Olga" den furchtbaren Sturm auf Apia, der den Untergang der Kanonenboote „Adler" und „Eber" herbeiführte. Er erhielt für seine Tapferkeit in dem Gefecht auf Samoa den Kronenorden IV. Klasse mit Schwertern und wurde im Jahre 1889 zum Oberleutnant befördert. Nach einer Reihe von Land- und Bordkommandos rückte er 1895 zum Kapitänleutnant auf. Da der Tropendienst seine Gesundheit geschädigt hatte, mußte er bereits im Jahre 1900 seinen Abschied nehmen, wobei ihm der Charakter als Korvettenkapitän verliehen wurde.



Um in seinen besten Jahren nicht untätig zu bleiben, begründete er im April des Jahres 1901 zu Kiel, wo er seinen Wohnsitz aufgeschlagen hatte, die Firma Otto F. Burchard, als Vertreter auswärtiger Häuser. Leider war auch hierbei seines Wirkens nicht lange, denn schon am 10. Januar 1904 verschied er nach fast 3 Monate langer, schwerer Krankheit im Alter von noch nicht 38 Jahren.

HANS HANSEN.

Hans Hansen wurde am 18. März 1852 zu Boel, Kreis Schleswig, als Sohn eines Landmannes geboren. Nach Besuch der heimischen Schule erlernte er in den Jahren 1868—1871 auf der Steenschen Werft zu Kappeln a. d. Schlei den Holzschiffbau, ging hierauf den Traditionen seines Faches folgend von 1871—1880 als Schiffszimmermann zur See, arbeitete dann im Eisenschiffbau auf der Kaiserlichen Werft in Kiel und besuchte während dieser Zeit zu seiner weiteren Ausbildung die dortige Gewerbeschule. Durch Selbst- und Privatunterricht vervollkommnete er sein technisches Wissen und in 3jähriger Bureaupraxis auf der Kaiserlichen Werft in Kiel auch sein fachmännisches Können. Im Jahre 1885 kam er zur Germania-Werft und wurde dort im Jahre 1888 leitender Ingenieur des Konstruktionsbureaus für den Kriegschiffbau. Nachdem er 1900 zum Oberingenieur aufgestiegen war, wurde ihm im Juni 1901 die Oberleitung des gesamten Betriebes für den Kriegsschiffbau auf der genannten Werft anvertraut.

Als Auszeichnung für seine Tätigkeit wurde ihm anläßlich des Stapellaufs S. M. S. „Kaiser Wilhelm der Große“ der Kronenorden IV. Klasse verliehen.

Er starb am Herzschlage auf dem Wege von der Werft zu seiner Wohnung in der elektrischen Straßenbahn am Abend des 13. Januar 1904.

GEORG LANGNER.

Der am 23. April 1904 verstorbene Kaiserliche Geheime Admiralitätsrat und Vortragende Rat im Reichs-Marine-Amte Georg Langner wurde am 1. Dezember 1839 in Coblenz, Kreis Ückermünde, als Sohn des dortigen evangelischen Predigers geboren. Bis zum 13. Lebensjahre wurde er von seinem Vater unterrichtet, alsdann trat er in die Quarta des Gymnasiums in Stettin ein, welches er bis zur Sekunda besuchte. Nachdem er 1½ Jahre praktisch gearbeitet hatte, bezog er drei Jahre die Provinzialgewerbeschule in Stettin, die er mit dem Zeugnis der Reife verließ.

Hierauf arbeitete er nochmals ein Jahr praktisch in der Schiffswerft und Maschinenbauanstalt von Möller & Holberg in Stettin, und studierte dann drei Jahre an der Königlichen Gewerbeakademie in Berlin, wonach er von der vorgenannten Schiffswerft als Ingenieur angestellt wurde. In dieser Stellung verblieb er $4^1/_2$ Jahre bis zu seinem Eintritt als Ingenieuraspirant in die preußische Marine bei der Königlichen Werft in Danzig.

Im Jahre 1870 wurde er zum etatsmäßigen Maschinenbau-Unteringenieur ernannt und 1872 zum Maschinenbau-Ingenieur befördert. Als solcher wurde er nach Kiel versetzt und zur Marineakademie und -Schule als Lehrer kommandiert. 1876 wurde er Oberingenieur, 1888 Maschinenbaudirektor an der Kaiserlichen Werft in Danzig.

Im Jahre 1890 erfolgte seine Ernennung zum Admiralitätsrat im Reichs-Marine-Amt; 1893 wurde er zum Wirklichen Admiralitätsrat und im Jahre 1896 zum Geheimen Admiralitätsrat befördert, in welcher Stellung ihm folgende Orden verlichen wurden: Das Komturkreuz des Mecklenburg-Schwerinschen Greifenordens, der Kronenorden II. Klasse, der Rote Adlerorden II. Klasse mit Eichenlaub.

Als Lehrer an der Marineakademie und -Schule konnte Langner seine reiche Begabung und seinen Forschersinn entfalten, dem wir eine Reihe von wichtigen und lehrreichen Versuchen verdanken, welche die Marine auf seine Vorschläge ausführen ließ. In diese Zeit fällt auch die Konstruktion eines Zielapparates für Torpedolanzierrohre, welche ihm unter anderem die Verleihung des Russischen Stanislausordens III. Klasse einbrachte.

Seit dem Jahre 1891 gehörte er der Prüfungskommission für Marine-Maschinenbaumeister als Mitglied an.

In seiner Stellung als Vortragender Rat des Reichs-Marine-Amtes hat Langner die Konstruktion der maschinellen Anlagen aller im letzten Dezennium gebauten Kriegsschiffe der deutschen Flotte geleitet, wozu ihn sein umfassendes Wissen, seine Gründlichkeit und sein eiserner Fleiß ganz besonders befähigten. Seinem Kaiser war er stets ein eifriger und pflichttreuer Diener, seinen Kollegen ein bewährter Mitarbeiter und seinen Untergebenen ein warmherziger, gütiger Vorgesetzter.

Sein Hinscheiden hinterließ im Vorstande unserer Gesellschaft eine große Lücke, schon weil er einer der eifrigsten Mitbegründer derselben gewesen ist. Er gehörte bereits dem am 19. Februar 1890 gewählten Ausschuß an, welchem die Aufstellung der Organisation und Satzung der Gesellschaft übertragen war. In der konstituierenden Generalversammlung am 23. Mai 1899

zum stellvertretenden Vorsitzenden gewählt, hat er dieses Amt bis zu seinem Tode inne gehabt. Er hat die Bestrebungen unserer Gesellschaft gefördert, wo immer er konnte, und er ist dem Vorstande stets ein erfahrener und zuverlässiger Berater gewesen. Wir werden sein Andenken stets in Ehren halten.

AUGUST VON APPEN.

August von Appen wurde am 26. März 1835 zu Blankenese geboren. Nach beendetem Schulbesuch widmete er sich dem Seemannsberufe und wurde schon 1860, erst 25 Jahre alt, mit der Führung eines Schiffes betraut. Bis 1871 machte der Kapitän von Appen eine Anzahl von Reisen, die ihn fast in alle Meere führten, ohne daß sein Schiff jemals eine Havarie hatte, sodaß die Versicherer nie einen Schaden zu vergüten brauchten. Im Jahre 1864 wurde Kapitän von Appen mit seinem Schiffe, das damals die dänische Flagge führte, weil es eine holsteinische nicht gab, im Golfe von Petschili von der preußischen gedeckten Korvette „Gazelle" als Priese aufgebracht. Auf ein von ihm an den Preußischen Gesandten in Peking gerichtetes Gesuch wurde er indes wieder freigelassen, und ihm gestattet, die preußische Flagge zu führen. Von 1871 — 1876 führte von Appen die holländische Bark „Hunsingo", mit der er auf einer Reise nach dem Amur im April 1872 60 Japaner von einer entmasteten und ruderlosen japanischen Dschunke rettete. Während der Heimreise von Nagasaki nach London konnte von Appen nochmals 40 chinesische Seeleute von einer entmasteten Dschunke retten und in Amoy landen.

In die Heimat zurückgekehrt, wurde Kapitän von Appen von dem Verein Hamburger Assekuradeure als dessen Spezialagent und im April 1875 als dessen Schiffsbesichtiger angestellt, in welcher Stellung er sich im Laufe seiner langjährigen Dienstzeit sowohl durch sein freundliches Entgegenkommen wie auch durch seinen regen Pflichteifer die allgemeine Achtung und Verehrung der Hamburger Schiffahrtskreise erworben hat. Gleichzeitig war von Appen in den Jahren 1875—1895 Expert des Bureau Veritas.

Im letzten Jahre ließ seine Gesundheit leider zu wünschen übrig und am 13. Mai 1904 bereitete ein Herzschlag seinem Leben ein sanftes Ende.

Von Appen galt allgemein als eine Autorität in nautischen Fragen und wurde oft als solche angerufen. Seine reiche Erfahrung, sein sicheres Urteil, sowie seine strenge Unparteilichkeit und die Lauterkeit seines Charakters waren weit über die Grenzen Hamburgs bekannt.

CARL SIEG.

Zu Bromberg am 30. April 1830 geboren, besuchte Carl Sieg zuerst das Gymnasium und später die Realschule seiner Vaterstadt. Im Jahre 1855 entschloß er sich, Schiffbauer zu werden, trat auf der Werft von Gebrüder Mitzlaff in Elbing ein und arbeitete hier praktisch bis zum Jahre 1859. Hierauf war er einige Zeit auf der Königlichen Werft in Danzig beschäftigt, wo er auch im Jahre 1860/61 seiner einjährigen Militärpflicht bei der Werftdivision genügte. Zu seiner weiteren Ausbildung ging er von 1861—65 nach Amerika, und fand auf New-Yorker Werften, besonders aber in East Haddam (Staat Connecticut) Beschäftigung. 1865 kehrte er nach Deutschland zurück und legte vor der Königlichen Prüfungskommission zu Pillau die Schiffbaumeisterprüfung ab. 1867 erwarb er eine Werft für den Bau von Holzschiffen in Stettin, deren Betrieb er bis zu seinem Tode leitete. Am 17. Juli d. J. setzte ein Herzschlag seinem schaffensfreudigen Leben ein plötzliches Ende.

GERBRAND TURK.

Am 14. Januar 1848 zu Vlissingen geboren, wo sein Vater Ingenier bei der Marineverwaltung war, wurde in Gerbrand Turk schon als Kind die Liebe zum Schiffbau geweckt. Im jugendlichen Alter von 16 Jahren bezog er die polytechnische Schule zu Delft, um den für seine künftige Laufbahn nötigen Studien obzuliegen. Nach 6jährigem Verweilen daselbst wurde er am 1. August 1870 zum Ingenieur-Anwärter ernannt, und bei der Reichswerft zu Amsterdam angestellt. Nach Verlauf von 2 Jahren erfolgte bereits seine Beförderung zum Ingenieur II. Klasse. Den Dienst auf der Reichswerft vertauschte er Anfang 1876 gegen eine Stelle an Bord des Panzerturmschiffes „Prins Hendrik der Nederlanden“, auf welchem er eine Reise nach Ostindien mitmachte. Nach seiner Rückkehr wurde er an die Werft zu Willemsoord kommandiert, woselbst er am 1. Januar 1877 zum Ingenieur I. Klasse befördert wurde. Während seine Tätigkeit zu Willemsoord vornehmlich auf die Wiederherstellung der aus Ostasien zurückkehrenden Schiffe der Königlichen Marine gerichtet war, begann im Jahre 1885 in seinem Dienst eine neue Periode, indem er zum Zwecke der Baubeaufsichtigung von Torpedobooten auf die Werft der Firma Yarrow nach England kommandiert wurde. Dann leitete er während längerer Zeit den Bau von Torpedobooten auf der Reichswerft in Amsterdam. Im Jahre 1891 wurde ihm die Beaufsichtigung der Arbeiten bei dem Bau des Panzerschiffes „Königin Wilhelmina der Nederlande“ über-



tragen. Er sollte diesen Bau jedoch nicht zu Ende führen, denn bereits am 1. April 1892 erfolgte seine Ernennung zum Chefingenieur, womit seine Übersiedelung in das Marinedepartement verbunden war und er auch dem Chef der Materialienabteilung beigeordnet wurde. Nach einem kurzen Kommando als Chefingenieur zu Willemsoord, während dessen er in Anerkennung seiner Verdienste von der Regierung zum Ritter des Ordens des Niederländischen Löwen ernannt wurde, erfolgte am 1. Juli 1893 seine endgültige Versetzung in das Marinedepartement. Leider war Turk inzwischen von einem Halsleiden befallen worden, welches ganz plötzlich einen sehr ernsthaften Charakter annahm und ihn verhinderte, seinen Dienst wahrzunehmen. Auch die sorgfältigste Behandlung war gegen seine Krankheit machtlos, und am 27. Juni wurde er von seinem Leiden durch den Tod erlöst, tief betrauert von allen, die ihn kannten.

ALEXANDER ROTTER.

Alexander Rotter wurde am 30. November 1844 als Sohn eines Gutsbesitzers in der Nähe von Dresden geboren. Er genoß seine erste Schulausbildung im Hause seines Vaters durch Hauslehrer und besuchte bis zum Jahre 1861 die St. Annen-Realschule I. Ordnung in Dresden. In der Absicht, sich der Technik zu widmen, studierte er von 1861 bis 1864 auf dem Polytechnikum zu Dresden. Dann arbeitete er zwei Jahre lang praktisch in der Maschinenfabrik von Müller & Rentzsch in Krimmitschau, worauf er noch bis zum Jahre 1867 das Polytechnikum in Karlsruhe bezog. Bis zum Jahre 1872 bekleidete Rotter in verschiedenen Maschinenfabriken Stellungen als praktischer Ingenieur, und war als solcher auch auf dem Stettiner Vulcan tätig. Den deutsch-französischen Krieg machte er im Dienst der freiwilligen Krankenpflege mit und erhielt hierfür die Kriegsdenkmünze 1870/71, sowie das Königlich Sächsische Kreuz für Verdienste um die freiwillige Krankenpflege.

Am 1. März 1873 trat Rotter in den Dienst der Kaiserlichen Marine und wurde als Ingenieur-Aspirant bei der Kaiserlichen Werft in Danzig eingestellt. Schon am 1. Juli desselben Jahres wurde er zum etatsmäßigen Maschinenbau-Unteringenieur, und am 1. August 1874 zum etatsmäßigen Maschinenbau-Ingenieur befördert. Am 1. Dezember 1875 erhielt er eine Berufung als Hilfsarbeiter in die damalige Kaiserliche Admiralität zu Berlin, woselbst er am 1. November 1884 zum außeretatsmäßigen Maschinenbau-Oberingenieur befördert wurde. Durch Allerhöchste Bestallung vom 24. März 1885 wurde Rotter zum Kaiserlichen Admiralitätsrat mit dem Range der Räte IV. Klasse ernannt.



Leider ließ seine Gesundheit schon zu Ende der achtziger Jahre zu wünschen übrig, sodaß er im Jahre 1890 wegen andauernder Krankheit um seine Entlassung aus dem Marinedienste bitten mußte. Dieselbe wurde ihm durch Allerhöchste Verfügung vom 11. Februar 1890 unter gleichzeitiger Verleihung des Charakters als Wirklicher Admiralitätsrat erteilt.

An Auszeichnungen waren ihm während seiner Dienstzeit noch verliehen worden: Der Rote Adlerorden IV. Klasse, das Ritterkreuz II. Klasse des Großherzoglich Oldenburgischen Haus- und Verdienstordens, sowie die dritte Klasse des zweiten Grades des chinesischen doppelten Drachenordens.

Seit seinem Ausscheiden aus dem Dienste lebte Rotter in Berlin als Privatmann. Am 9. Oktober endete ein Herzschlag im Bade Nauheim sein Leben.

PAUL KURTH.

Paul Kurth wurde im Jahre 1850 in Frechen bei Köln geboren und hat in Greifswald, wohin sein Vater versetzt wurde, die Schule besucht. Seiner Neigung zur Technik folgend, ließ er sich im Oktober 1870 auf der damaligen Gewerbeakademie zu Berlin immatrikulieren, trat dann aber noch während des Krieges im Januar 1871 als Einjährig-Freiwilliger bei der Werftdivision in Kiel ein und verblieb während seiner Dienstzeit auf dem Panzerschiff „Kronprinz". Im Januar 1872 setzte Kurth die unterbrochenen Studien in Berlin fort, bis er zu Anfang des Jahres 1874 in die Praxis eintrat und bei der Firma Rietschel & Henneberg als Ingenieur angestellt wurde. Später war er beim Bau des Ems-Jade-Kanals tätig, wo er es vermöge seiner Tüchtigkeit bald zum Sektionschef brachte. Alsdann wandte sich Kurth dem Eisenbahnbau zu und wurde zunächst als Hilfsarbeiter bei der Eisenbahndirektion Berlin beschäftigt, worauf er im März des Jahres 1882 sein Examen als Regierungsbaumeister bestand. Bis zum Jahre 1886 blieb er im Eisenbahndienste und war zuerst Werkstättenvorsteher in Berlin, dann in Lauban i. Schl. Im letzteren Jahre ließ er sich auf ein Jahr aus dem Staatsdienste beurlauben und betätigte sich während dieser Zeit als leitender Oberingenieur der Firma F. F. A. Schulze-Berlin, Fabrik für Eisenbahnlaternen usw. Am 1. Januar 1888 schied Kurth endgültig aus dem Staatsdienste und übernahm als Vorstand die selbständige Direktion der Aktiengesellschaft für Fabrikation von Eisenbahnmaterial zu Görlitz, die er bis zu seinem Tode mit bestem Erfolge inne hatte. Unter seiner Leitung wurde dieses Werk bedeutend erweitert und naturgemäß in der Leistungsfähigkeit erheblich gesteigert. Ohne Übertreibung



kann behauptet werden, daß Kurth die von ihm geleitete Fabrik zu einer Musteranstalt erhob. Seine Umsicht und sein weitausschauender Blick trugen derartig zum Gedeihen der Anstalt bei, daß ihre Lieferungen von Eisenbahnwaggons sich bald nicht mehr auf das Inland allein erstreckten, sondern sich auch im Auslande weite Absatzgebiete errangen.

Im Januar 1903 erhielt Direktor Kurth vom Fürsten von Bulgarien das Offizierkreuz des Alexanderordens, und im August desselben Jahres wurde er durch die Verleihung des Charakters als Königlicher Baurat ausgezeichnet.

Seit der Konstituierung der „Handelskammer für die Preußische Oberlausitz zu Görlitz“ gehörte er diesem Institute als Mitglied an, und ebenso war er bereits seit 1898 im Stadtverordnetenkollegium von Görlitz tätig.

Leider waren seine letzten Lebensjahre durch einen unsicheren Gesundheitszustand getrübt. Schließlich erlag er am 28. Oktober 1904 einem Schlaganfall, wodurch ein Mann aus dem Leben abberufen wurde, dessen Name nicht nur in den Kreisen, mit denen er durch seine Berufspflichten in Berührung kam, sondern weit darüber hinaus einen guten Klang behalten wird.

WILHELM MÜLLER.

Wilhelm Müller wurde am 9. September 1854 zu Großensiel in Oldenburg als Sohn des Kaufmanns und Landwirtes Johann Hinrich Müller geboren. Er besuchte bis zum Herbst 1871 die Realschule in Oldenburg, welche er mit dem Zeugnis der Reife verließ. Vom Herbst 1871 bis 1874 studierte er als Angehöriger der Abteilung für Maschinenbau an der Königlich Technischen Hochschule zu Hannover. Dann machte er als Maschinistenlehrling auf dem transatlantischen Dampfer „Weser“ des Norddeutschen Lloyd mehrere Reisen nach New-York mit und trat mit Beginn des Jahres 1875 in das Technische Bureau der Aktiengesellschaft Weser in Bremen ein. Hier betätigte er sich bis zum Jahre 1876 sowohl als Konstrukteur als auch als Assistent des Betriebsingenieurs der Maschinenbauwerkstatt. Seiner einjährigen Militärpflicht genügte er in den Jahren 1876/77 bei der Maschinistenabteilung der II. Werftdivision in Wilhelmshaven. Nach Ableistung seiner Dienstpflicht ging er wieder als Konstrukteur zur Aktiengesellschaft Weser nach Bremen zurück. Mit Beginn des Jahres 1881 erhielt er eine Anstellung als Chef des Maschinenbau-Bureaus des Norddeutschen Lloyds in Bremerhaven. Hier wurde ihm im Jahre 1887 auch die Verwaltung des technischen Betriebes

als Betriebsingenieur unterstellt. Mit Beginn des Jahres 1889 siedelte Wilh. Müller nach Tegel bei Berlin über, wo er als Betriebs-Oberingenieur der Schiff- und Maschinenbau-Aktiengesellschaft „Germania“ bis zum März 1895 verblieb. Von dieser Zeit bis Ende des Jahres 1900 finden wir ihn als Oberingenieur und Betriebschef in der Maschinenbau-Aktiengesellschaft vormals Beck & Henkel in Cassel, worauf er als Maschinenbau-Betriebsdirektor nach Tegel zur Maschinenbau-Aktiengesellschaft „Germania“ zurückgerufen wurde. Mit dem Übergang der Tegeler Werke in den Besitz von Fried. Krupp siedelte Müller gegen Ende des Jahres 1902 mit nach Kiel über und wurde hier Maschinenbaudirektor der Fried. Krupp Aktiengesellschaft „Germania-Werft“.

Leider sollte ihm eine längere Tätigkeit in seinem neuen Wirkungskreise nicht vergönnt sein. Der Tod seiner im Oktober verschiedenen Gemahlin hatte sein seelisches und körperliches Gleichgewicht stark erschüttert, sodaß er einer plötzlich auftretenden Lungenentzündung am 23. Dezember schnell erlag.

Vorträge

der

VI. Hauptversammlung.

VIII. Die Wirbelbildung im Widerstandsmechanismus des Wassers.

Vorgetragen von Fr. Ahlborn.

Die hydrodynamischen Untersuchungen, von denen ich heute Mitteilung zu machen die Ehre habe, sind die Fortsetzung der Arbeiten, über welche ich im vorigen Jahre an dieser Stelle berichten konnte. Sie beziehen sich auf die Ermittelung der Strömungsvorgänge, die sich im Innern des Wassers abspielen, wenn irgend ein fester Körper, ein Schiff, ein Ruder, eine Schraube darin bewegt werden. Die zur Erzeugung und Unterhaltung dieser Strömungen nötigen Kräfte werden dem Energievorrat des bewegten festen Körpers entzogen und bilden in ihrer Gesamtheit den Widerstand, den das Wasser dem festen Körper entgegensetzt. Da somit der mechanische Widerstand des Wassers in erster Linie durch den Verlauf jener Strömungserscheinungen bedingt wird, so muß es unser nächstes Ziel sein, eine genaue, auf objektiven Methoden beruhende Kenntnis dieser wichtigen Vorgänge zu ermitteln. Der Zukunft mag es vorbehalten bleiben, das so gewonnene Tatsachenmaterial zu einer Widerstandstheorie zu verarbeiten, die den wissenschaftlichen und praktischen Bedürfnissen des Schiffbaues und der Schiffahrt in gleicher Weise gerecht wird.

Die experimentellen Einrichtungen, welche sich für die vorliegenden Zwecke als brauchbar und nützlich erwiesen haben, sind der Hauptsache nach in meinem vorjährigen Vortrage beschrieben worden. Ich darf mich daher auf die kurze Mitteilung beschränken, daß ich einen sechs Meter langen, kastenförmigen Wasserbehälter benutze, über dem ein mit genau meßbarer Geschwindigkeit fahrender Wagen die Versuchsmodelle durch das Wasser zieht. Der Raum, welcher mir im physikalischen Staatslaboratorium zu Hamburg zur Verfügung steht, ließ eine größere Abmessung des Behälters

nicht zu; es mußten daher die Modelle in recht kleinem Maßstabe ausgeführt werden, um den Einfluß der nahen Begrenzungen des Wassers möglichst zu vermeiden. Zum Betriebe des Wagens und aller beweglichen Nebenapparate wurde ausschließlich elektrische Energie verwendet, und alles in einen solchen Zusammenhang gebracht, daß nach vorangegangener Beschickung für den Einzelversuch nichts nötig war, als das Schließen eines Kontakts.

Die Widerstandsströmungen wurden im Wasserspiegel durch Bärlappmehl, im Innern der Flüssigkeit durch präparierte Sägespäne sichtbar gemacht und vermittelst Magnesiumblitzpulver momentan auf die photographische Platte übertragen.

Die früheren Untersuchungen hatten zunächst nur Photogramme von horizontalen und vertikalen Durchschnitten durch das System der Strömungen ergeben, und der räumliche Zusammenhang mußte nach diesen Bildern durch Kombination und direkte Beobachtung rekonstruiert werden. In dieser Kombination des räumlichen Gesamtbildes aus zwei verschiedenen Ansichten lag ein gewisses subjektives Moment, dessen Vermeidung zu wünschen war. Dies ist bei den neueren Versuchen mit bestem Erfolge dadurch geschehen, daß alle Aufnahmen stereoskopisch hergestellt wurden.

Im Anschluß an die früheren Arbeiten wurde das neue Hilfsmittel zunächst benutzt zur Vervollständigung der Untersuchungen über die Widerstandserscheinungen an plattenförmigen Körpern, da diese für das Verständnis der Vorgänge an komplizierter gestalteten Formen von grundlegender Bedeutung sind.

Bewegt man einen eingetauchten plattenförmigen Gegenstand in der Querstellung durch das Wasser, so findet bekanntlich an der Vorderseite eine der Bugwelle des Schiffes entsprechende Aufstauung statt, während an der Rückseite das Wasser unter das Nullniveau sinkt und die „Heckwelle“ erst in einigem Abstande im Schleppwasser erscheint. Die Niveaudifferenzen an der Platte sind der Ausdruck des im Innern des Wassers daselbst herrschenden dynamischen Widerstandsdruckes und lassen sich in gefärbtem Wasser leicht durch die früher beschriebenen Stauversuche in Form der vorderen positiven und der hinteren oder negativen Staukurve registrieren. Durch die Photographie der Oberflächenströmungen hatte sich die innige Beziehung zwischen diesen Erscheinungen des dynamischen Niveaus und den von ihnen abhängigen Strömungen ergeben. Beide erwiesen sich als Äußerungen der gleichen Widerstandskräfte; aus beiden konnte die relative Größe und Verteilung dieser Kräfte ersehen werden.



Oberflächenströmungen an einer eingetauchten Glastafel von 10 cm Breite.

Geschwindigkeit v = 42,8 cm.

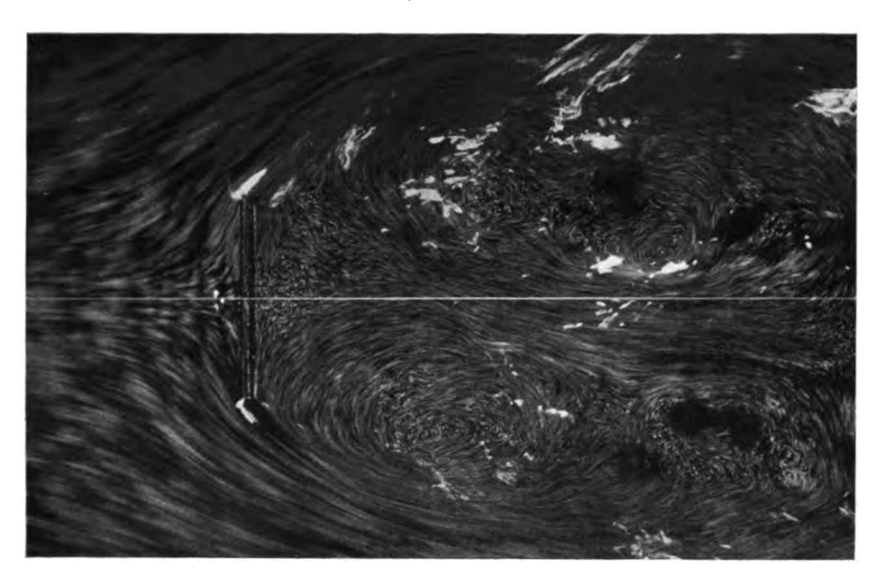


Fig. 1.

Oberflächenströmungen an der Glastafel von hinten gesehen.

v = 4,60 cm.

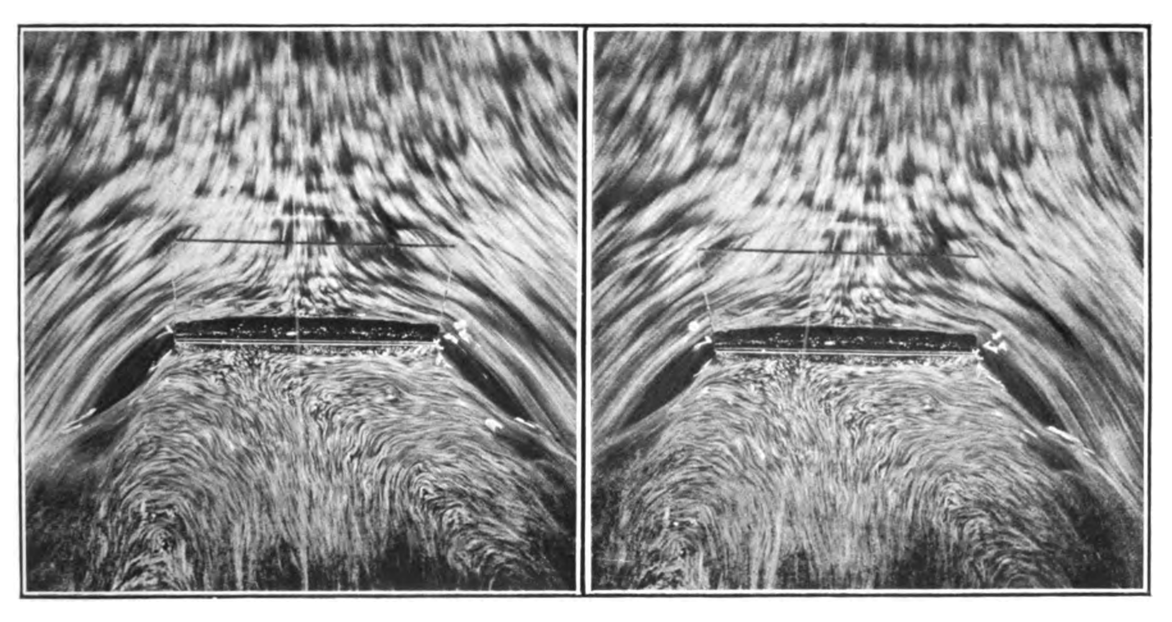


Fig. 2. (Stereoskopbild.)

Anmerkung. Für die stereoskopische Betrachtung empfiehlt es sich, die betreffenden Bilder herauszuschneiden und auf Karton aufziehen zu lassen.

Standen nun die so auf verschiedenen Wegen gewonnenen Ergebnisse in voller Harmonie mit einander, sich gegenseitig ergänzend und bestätigend, so waren sie doch gleichsam auf zwei verschiedene Blätter geschrieben. In den nunmehr hergestellten stereoskopischen Photogrammen haben wir die Strömungen und Stauungen gleichzeitig vor Augen und können uns von dem Einklang der Erscheinungen und ihrer Ursachen überzeugen.

An der Divergenz der Stromlinien vor dem aus einer 10 cm breiten Glastafel bestehenden Hindernis (Fig. 1) erkennen wir wieder die Umwandlung der dem Wasser innewohnenden Bewegungsenergie in Druck; wir sehen, daß das Maximum dieses Druckes genau an der Stelle liegt, wo die Staukurve ihre höchste, plateauartige Erhebung hat, und können ebenso an den Strömungen und weiteren Kraftumwandlungen im Gebiete des Minderdrucks hinter der Platte verfolgen, wie sie hier eine teilweise Rückerstattung der an der Vorderseite aufgewandten Energie bewirken.

Fig. 2 veranschaulicht denselben Vorgang, aber mehr von hinten gesehen, sodaß die Staufläche und die beiden sie begrenzenden Staukurven an der Vorder- und Rückseite der Glasplatte weniger verkürzt erscheinen. Ein weißer, im ursprünglichen Nullniveau um die Platte gebundener Zwirnsfaden teilt die Staufläche in zwei ungleiche Hälften. Die positive Druckkurve der Vorderseite liegt weiter über dem Nullniveau, als die negative darunter. Der vom positiven Druck der Flüssigkeit herrührende Widerstandsanteil ist also größer, als der des Sogs an der Rückseite.

Weitere Versuche dienen zur Klärung der Strömungserscheinungen im Innern des Wassers an untergetauchten Platten. Es wurde schon früher darauf hingewiesen, daß der Hauptstrom von der Vorderseite über die Ränder der Platte in der Weise abfließt, wie ein isolierter Wasserstrahl, der gegen eine Tafel gerichtet ist und sich beim Überschreiten des Randes zu einem dünnen, glockenförmigen Schleier auseinander zieht. Das Innere der fortströmenden Wasserglocke wird in unserm Falle von einer stationären, von der Platte nachgeschleppten Wassermasse, der Schleppe erfüllt, die durch Friktion des Glockenstromes in Rotation versetzt wird und dabei die Form eines Wirbelringes annimmt.

Bei der nur eingetauchten Platte (Fig. 1) wird der Wirbelring durch das Niveau halbiert, und wir sehen die Querschnittsfläche in Form zweier Systeme konzentrischer Stromlinien hinter der Tafel.

Durch stereoskopische Aufnahmen der Strömungen im Innern des Wassers ist es nun gelungen, sowohl jene glockenförmige Grenzfläche zwischen



Schleppe und Seitenstrom in toto sichtbar zu machen, wie auch den Wirbel allein zu Darstellung zu bringen. Zu diesem Zwecke wurde nur ein Teil des Wassers im Versuchsbehälter mit schwebenden Sägespänen versehen. Fuhr dann der Wagen mit der Platte von dem klaren Wasser nach der Seite der Sägespäne hinüber, so brachte die Tafel eine unsichtbare, von Stromlinien scharf umgrenzte Schleppe mit. War aber die Bewegung entgegengesetzt, so erschien (Fig. 3) die Schleppe mit den Stromlinien des Wirbelringes erfüllt, während die Seitenströmung unsichtbar blieb. Die auf diese Weise erhaltenen zahlreichen stereoskopischen Momentbilder bestätigten nicht allein die früher nur aus den Querschnitten rekonstruierten Tatsachen, sondern gaben auch noch die erwünschte Auskunft über das Verhalten an den Ecken der Tafeln, was bisher nur annähernd erschlossen werden konnte.

Endlich ließen sich noch weitergehende Aufschlüsse gewinnen über den Verlauf der seitlichen Widerstandsströme nach ihrem Zusammentreffen hinter der Schleppe im Kielwasser. Während nämlich bei Platten, die rechtwinkelig zum Hauptstrome stehen, das Wasser überall mit nahezu gleichem oder doch symmetrisch verteilten Energiegehalt von den Rändern abströmt und sich hinter der Schleppe wieder vereinigt, besitzen die Ströme an schrägstehenden Platten (Fig. 4) beim Zusammentreffen hinter dem Wirbel einen nach Richtung, Größe und Form wesentlich verschiedenen Energievorrat. Bei kleinen Neigungswinkeln führt dies zu einem völligen Durchbruch des Wirbelringes an seiner dünnsten Stelle am hinteren Plattenrande. Die Bruchenden des Wirbels werden dabei in lange, tauartig gedrehte Verlängerungen ausgezogen und wie lose Zügel beiderseits im Kielwasser nachgeschleppt. Diese sehr merkwürdigen Erscheinungen stehen wahrscheinlich mit gewissen sprungweisen Änderungen der Widerstandsgröße im ursächlichen Zusammenhange, für welche bisher eine Erklärung nicht gegeben werden konnte.

Bei der hervorragenden Bedeutung, welche dem Wirbelring gleichsam als Kraftregenerator im Widerstandsmechanismus an plattenförmigen Körpern zuzuschreiben ist, lag die Frage nahe, was aus ihm wird, wenn die dünne Platte durch schrittweise Abänderung allmählich in eine prismatische und schiffsförmige Gestalt übergeführt wird, und welche Rolle die Wirbelung im System des Schiffswiderstandes spielt.

Nach Froude stellt die Wirbelbildung neben der bei weitem vorherrschenden Hautreibung und dem Energieverlust durch Wellenbildung einen zwar nicht vorherrschenden, aber immerhin auch nicht unwesentlichen Faktor des Widerstandes dar. Er schätzt den Gesamtbetrag desselben auf etwa

Wirbelring hinter einer untergetauchten Glastafel von 10 cm Randlänge.
Geschwindigkeit v = 38 cm.

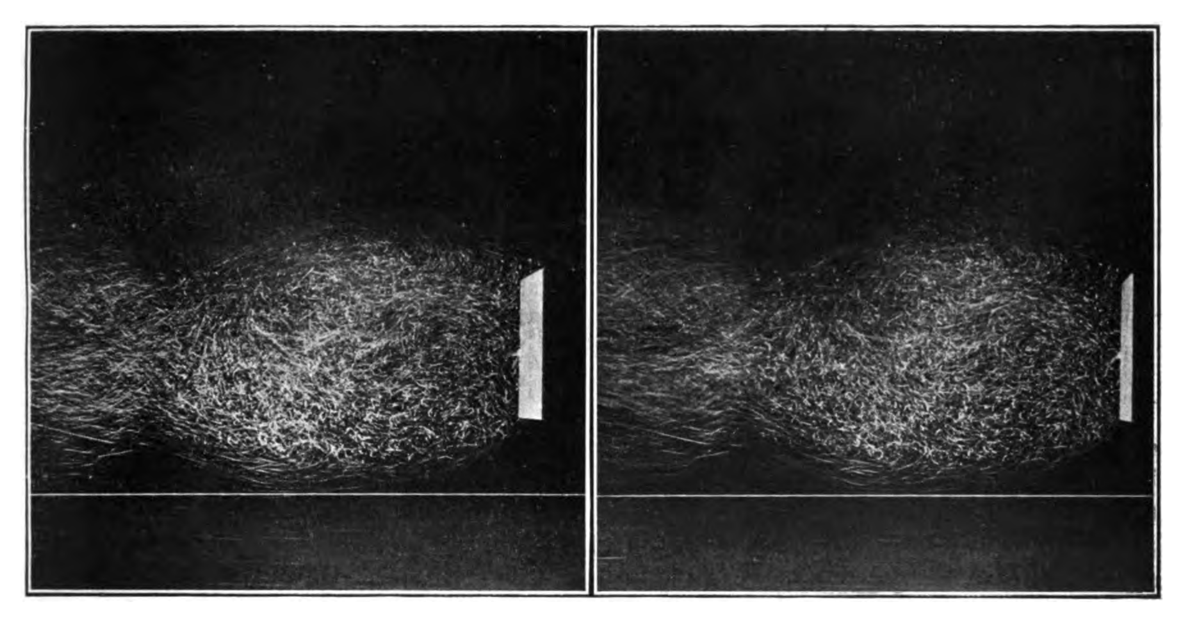


Fig. 3. (Stereoskopbild.)

Widerstandsströmungen hinter einer schräg stehenden untergetauchten Platte von 7×8 cm.
Geschwindigkeit v = 116 cm.

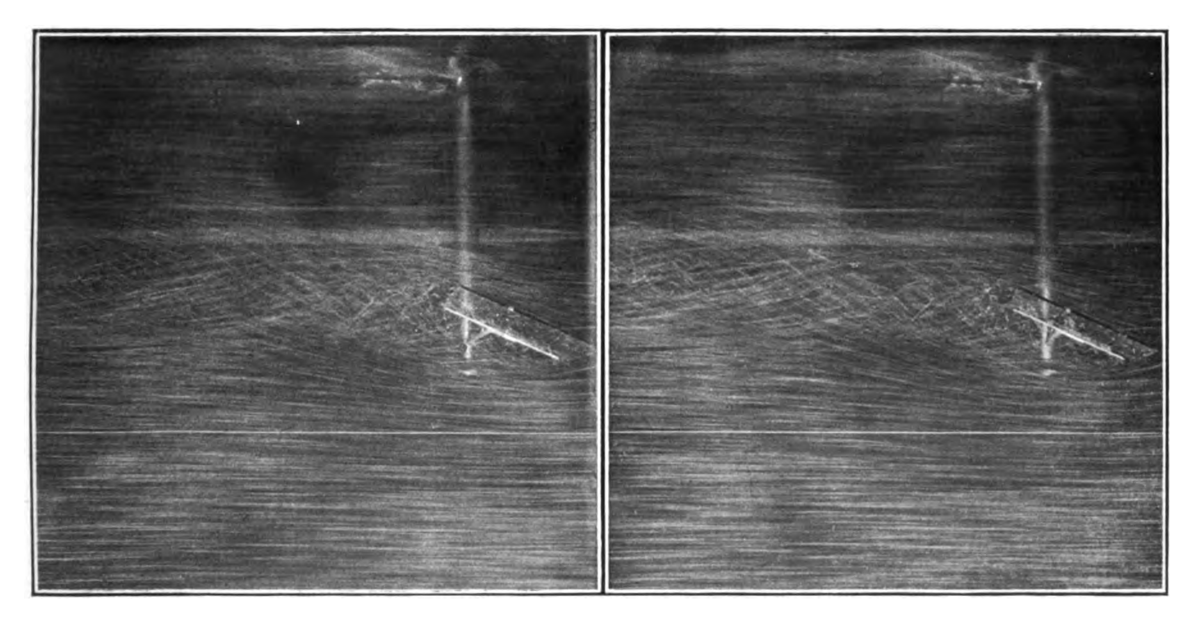


Fig. 4. (Stereoskopbild.)

Anmerkung. Für die stereoskopische Betrachtung empfiehlt es sich, die betreffenden Bilder herauszuschneiden und auf Karton aufziehen zu lassen.

acht Prozent des Reibungswiderstandes, sagt aber an einer anderen Stelle, daß wir fast nichts wissen über das Wesen jenes Widerstandsrestes, der von der Unvollkommenheit der Stromlinienbewegung herrührt und der gewöhnlich als „wirbelbildend“ beschrieben wird. — Man denkt dabei gewöhnlich an die Wirbelungen in dem sogenannten „toten Wasser“ hinter stumpfen Schiffen und stellt dieselben mit den analogen Erscheinungen hinter plattenförmigen Körpern in Parallele. Es ist aber auch bei solchen Schiffen von Wirbelbildung die Rede, bei denen es durch schlanke Gestaltung des Hinterschiffes garnicht zur Entstehung eines „toten“ Schleppwassers kommt. Es handelt sich dann um zahlreiche kleine Wirbel, die beiderseits zögernd an der Schiffeswand nach hinten rollen mit einer Geschwindigskeit, die geringer ist, als die des Hauptstromes seitwärts davon.

In seiner im Jahre 1894 an die Greenock Philos. Society gerichteten Schrift sagt der jüngere R. E. Froude: „Wir können den Effekt des Hautreibungswiderstandes beobachten in der Hülle wirbelnden Wassers, welche die Oberfläche des Schiffes von einem bis zum anderen Ende einschließt und sternwärts dicker und dicker wird. Wir sehen die Wirkung des wirbelbildenden Widerstandes in der Zunahme der wirbelnden Wassermasse hinter dem Stern.“

Froude schreibt somit die an den Schiffsflanken auftretenden Wirbel auf das Konto der sogenannten Hautreibung. Wenn er später (1898) gelegentlich die Bezeichnung „skin-friktion“ durch den vorsichtiger gefassten Begriff der „quasi-frictional forces“ ersetzt, so deutet er damit an, daß es sich nicht um eine Reibung im gewöhnlichen Sinne handelt.

Der von der eigentlichen Reibung herrührende Widerstand müßte der ersten Potenz der Geschwindigkeit proportional zunehmen, während der Widerstand der Hautreibung nahezu mit dem Quadrate der Geschwindigkeit wächst und daher vorherrschend seine Ursache in der Beschleunigung von Flüssigkeitsteilen haben wird, wie sie in den Rotationen der wirbelnden Wasserhülle vorliegt.

Hiernach ist die Frage nach der Entstehung der Wirbel und ihrer Rückwirkung auf die Bewegung des Schiffes von besonderem Interesse nicht nur hinsichtlich des sogenannten wirbelbildenden Widerstandes am Hinterschiff, sondern in noch weit höherem Maße für das Verständnis der Vorgänge, welche man mit dem Namen der Hautreibung zusammenfaßt.

Aus der hydrodynamischen Theorie von der Bewegung einer hypothetischen, vollkommenen Flüssigkeit ist bekannt, daß Wirbel in unendlich

großer Zahl an solchen Stellen entstehen müssen, wo sich zwei Ströme mit verschiedener Geschwindigkeit nebeneinander bewegen, und wo die Flüssigkeit um scharfe Kanten fließt, wie z. B. um die Ränder einer dünnen Platte. Für das Medium Wasser, welches sich von jenem vollkommenen Fluidum durch seine Viskosität, die Nachgiebigkeit der äußeren Begrenzung und den Gehalt an gelöster Luft und Salzen usw. wesentlich unterscheidet, wurde schon von Lord Kelvin*) darauf hingewiesen, daß die Wirbelbildung, soweit sie im letzteren Falle praktisch in Frage kommt, einen von der Theorie abweichenden Verlauf nimmt. Die Wirbel hinter den Plattenrändern sind weit weniger zahlreich, von endlicher Größe und folgen einander in unstetiger Reihe und in oft turbulenter Bewegung.

Wieweit dies zutrifft, zeigt die kinematographische Aufnahme der Strömungen an einer rechteckigen Scheibe, welche ich bereits im vorigen Jahre vorzuführen Gelegenheit hatte. Immer bilden sich die Wirbel hinter dem Rande der Scheibe, mit einer tiefen, trompetenförmigen Einsenkung des Niveaus (Vakuum) als Achse. Der entstehende Nachlauf, der die Rückseite der Tafel in der Mitte trifft und von da zur Seite biegt, verdrängt den Wirbel von seiner Ursprungsstätte, und wie dieser sich nach hinten entfernt, wird jener schwächer und schwächer, bis er endlich nahezu nur noch die Geschwindigkeit der Tafel hat und ihr wie „totes Wasser" folgt. Bei breiten Platten scheint die Form des „toten Wassers" leichter einzutreten und beständiger zu sein, als bei schmalen. Das tote Wasser bildet dann vorübergehend einen etwa keilförmigen, nach hinten flatternden (seitwärts oscillierenden) Anhang der Tafel; aber da der Seitenstrom fortwährend die angrenzenden Wasserteile mit sich reißt, so entsteht immer wieder nicht weit hinter den Tafelrändern eine Depression, und sobald diese eine gewisse Größe erreicht hat, tritt daselbst auch eine neue Wirbelbildung in die Erscheinung. Die Wirbel folgen einander mit größeren oder kleineren Abständen, aber der Nachlauf bleibt mit seinen wechselnden Geschwindigkeiten erhalten und umschließt mit dem Seitenstrome wie ein gemeinsames Band alle noch im Widerstandsfelde befindlichen Einzelwirbel. (Fig. 1.) Daher läßt sich jederzeit das ganze Schleppwasser als ein einziger, großer, oft unregelmäßiger Wirbelring auffassen, in dessen Innerem die primären Einzelwirbel die Aufgabe haben, wie Friktionswellen den Antrieb des Nachlaufes gegen die Rückseite des festen Körpers zu vermitteln.

*) Lord Kelvin: On the Doctrine of Discontinuity of Fluid Motion, in Connection with the Resistance against a Solid moving through Water. Nature. 1894. S. 524; 549; 573; 597.



Über die relative Größe und Verteilung des Energiebetrages, der auf diese Weise durch den Nachlauf an den festen Körper zurückgeliefert wird, geben die negativen Staulinien an der Rückseite der Platten Aufschluß. Sie zeigen, daß bei schmalen Platten der Hauptteil dieses Betrages der Tafelmitte zugute kommt, gegen die der direkte Stoß des Nachlaufes gerichtet ist, und daß der Schub nach den Tafelrändern zu abnimmt. Bei breiteren Platten hat die Staukurve des Minderdruckes einen mehr horizontalen Verlauf, und der Schub des Nachlaufes ist somit gleichförmiger über die Rückseite der Tafel verteilt. (Fig. 2.)

Da nun der Wasserstand an der Hinterseite stets beträchtlich tiefer ist als die Stauhöhe an der Vorderseite, und meist auch tiefer als das Nullniveau, so folgt, daß ein erheblicher Teil der an der Vorderseite ausgegebenen Energie verloren geht. Er findet seine Verwendung einesteils in der Unterhaltung der begleitenden Wellensysteme, andernteils wird er in nutzlosen, wirbelnden Bewegungen aufgerieben. Denn wie die Wirbel von ihrer Ursprungsstätte langsam nach hinten gleiten, entziehen sie sich mehr und mehr der nützlichen Rückwirkung auf den festen Körper und vergeuden den ihnen innewohnenden Energierest in den drehenden und kreisenden Bewegungen des Kielwassers.

Der Vergleich der Widerstandserscheinungen eines Schiffes mit denen an einer querstehenden Platte fällt naturgemäß sehr zu Ungunsten der letzteren aus. Man könnte die Platte als die denkbar schlechteste Schiffsform bezeichnen. Und wenn es darauf ankommt, einen plattenförmigen Körper, ein Schiffssteuer, quer durch das Wasser zu schleppen, so wird dasselbe stets das Bestreben haben, in die Gleichgewichtslage des geringsten Widerstandes überzugehen und sich der Länge nach in den Strom zu stellen. In dieser Lage fallen alle die bisher betrachteten Widerstandsvorgänge so gut wie vollständig fort, und es tritt dafür die bloße Hautreibung ein, deren Betrag weit hinter dem Widerstande der Querstellung zurückbleibt. Wenn daher an den Bau eines Fahrzeuges weiter keine Bedingungen geknüpft würden, als daß es schwimmt und einen möglichst geringen Widerstand hat, so würde die Form der beiderseits spitz auslaufenden Planke dafür die gegebene sein, eine Gestalt, die bei den Modellsegelboten z. T. erreicht wird.

Die Form eines wirklichen Schiffes ist immer ein Kompromiß zwischen den im Vordergrunde stehenden Bedingungen der maximalen Tragfähigkeit und des minimalen Widerstandes. Die erste Bedingung wird erfüllt durch den mehr oder weniger kastenförmigen, parallelen Mittelkörper des Schiffes,



die zweite durch das Vor- und Hinterschiff, die in ihrer Gestaltung als Übergang in die Plattenform betrachtet werden können. Hierdurch wird eine beträchtliche Verringerung der Bugwelle erreicht, und die Längendimensionen sind im ganzen so gewählt, daß das Hinterschiff, ähnlich wie Fig. 20, möglichst auf der Heckwelle ruht, und deren Schub in Verbindung mit dem Nachlaufe der Schiffsbewegung zugute kommt. Die langen Planken des Mittelschiffes aber erfahren fast nur Reibungswiderstand.

In diesem Zusammenhange ist es verständlich, warum die Hautreibung einen so überwiegenden Anteil an dem Gesamtwiderstande des Schiffes hat und wie wichtig die Vorkehrungen sind, durch die dieser Anteil nach Möglichkeit verringert wird. Alles hängt hier auf den ersten Blick von der glatten, eckenlosen Form und physikalischen Beschaffenheit der Schiffshaut ab. Die Versuche Froudes haben gezeigt, daß die Reibung an einer Oberfläche von mittlerem Sande doppelt so groß ist, wie an einer glatt mit Firnis oder Ölfarbe gestrichenen Planke, und die Erfahrung lehrt, wie groß der Nachteil ist, den ein verrosteter oder bewachsener Schiffsboden auf die Geschwindigkeit des Fahrzeuges ausübt.

Um den Einfluß der Rauheiten der Schiffshaut auf die Bewegung des entlangströmenden Wassers zu zeigen, habe ich eine glattgehobelte und lackierte Holzplanke von 50 cm Länge, 20 cm Höhe und 3 cm Stärke auf der einen Seite mit grobem Sande auf der anderen mit feinem Kies (ca. 5 mm Korngröße) bedeckt und mit verschiedener Geschwindigkeit durch das Wasser geschleppt. Die Figuren 5 und 6 geben Ansichten der Strömungen an den so in verschiedenen Graden rauh gemachten Oberflächen, bei v = 34,0 und v = 71,2 cm Geschwindigkeit, während zu den Figuren 5—7 dieselbe Planke mit beiderseits glatter Oberfläche verwendet wurde, mit den Fahrgeschwindigkeiten v resp. = 35,6; 60 und 110 cm/sec.

Abgesehen von der in allen drei Fällen nahe dem vorderen Ende der Platte deutlichst hervortretenden Wirbelbildung, von der weiterhin die Rede sein wird, vollzieht sich die Hautreibung an dem glatten Modell (Fig. 7—9) in einer dünnen, seitwärts von einer hellen Reflexlinie begrenzten Schicht, in der ab und an einzelne weiße Pünktchen zu erkennen sind. Diese rühren von schwimmenden Bärlappflöckchen her und haben daher, wie die Wasserschicht, die sie trägt, dieselbe Geschwindigkeit wie die Planke, mit der sie zusammenhängend durch das umgebende Wasser bewegt werden. Bei direkter Beobachtung sieht man aber deutlich, daß die Schicht nicht völlig in Ruhe ist, denn es werden fortwährend, bald hier bald dort, einzelne Bär-



50 cm lange Planke beiderseits ungleich gerauht.

v = 34,0 cm.

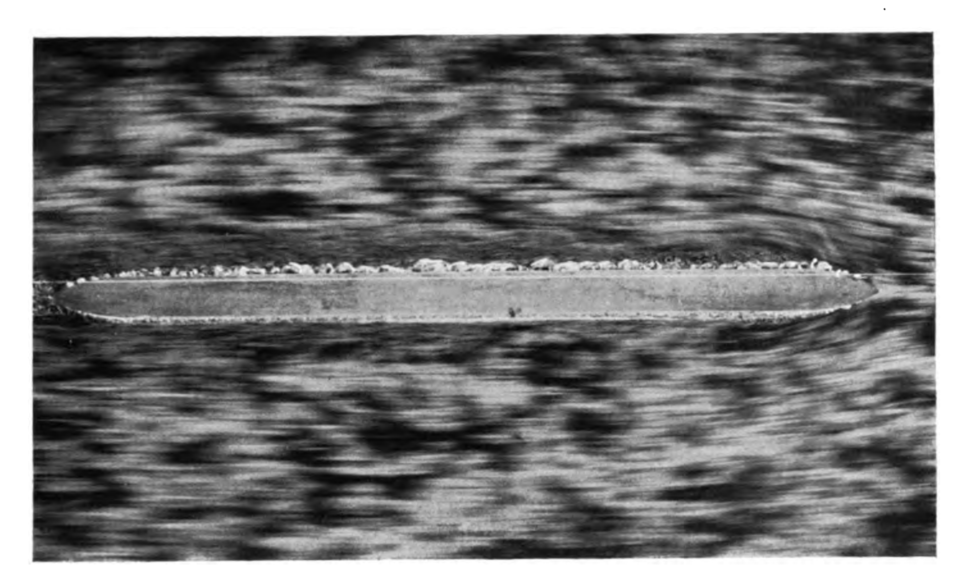


Fig. 5.

50 cm lange Planke, beiderseits ungleich gerauht.

v = 71,2 cm.

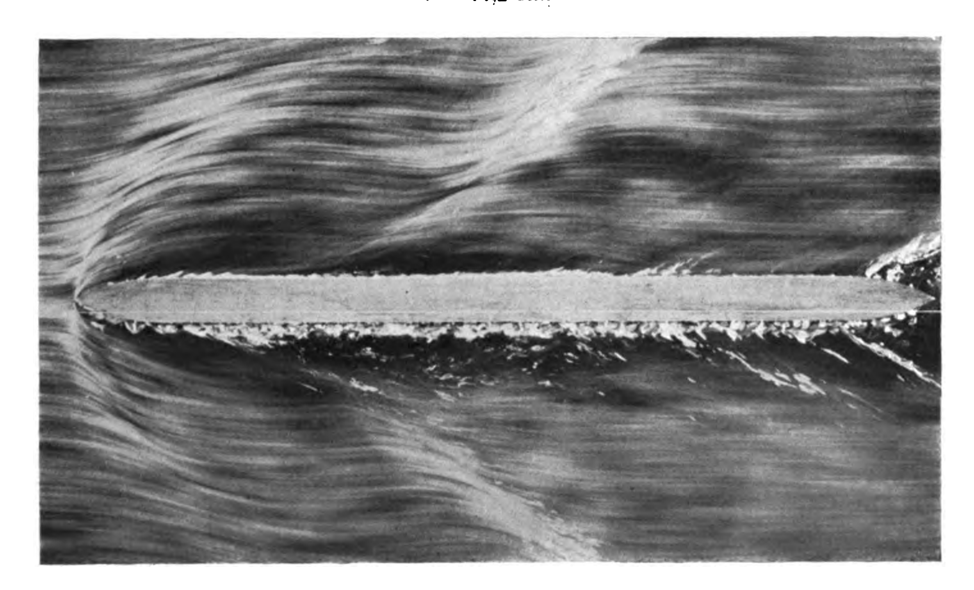


Fig. 6.

lappflöckchen vom Seitenstrome angezogen und fortgerissen, während andere unter rotierenden Bewegungen von außen her in die Schicht hineindringen. An der Grenze zwischen Schicht und Seitenstrom finden somit überall feine Wirbelungen statt, deren seitlicher Wirkungsbereich an zarten cykloidalen Schlängelungen der benachbarten Stromlinien zu erkennen ist.

An den rauhen Oberflächen der Planke (Fig. 5—6) reicht der Einfluß der Hautreibung ungleich weiter zur Seite. Soweit im Bilde die Bewegungen im Seitenstrome gestört erscheinen, sieht man beim Versuch unregelmäßige Wirbelungen nach hinten ziehen, deren Achsen in der eigentlichen Reibungsschicht liegen und deren Bahnen im Photogramm in cykloidische Kurven aufgelöst sind.

Hinter den Rauheiten und Vorsprüngen der Planken sind die Brutstätten dieser ausgedehnten Wirbelbildung. Wie sie entstehen und vom Seitenstrome fortgerissen werden, üben sie einen starken, hemmenden Zug auf die Fortbewegung des festen Körpers aus und entziehen ihm in ihrer immer wiederholten Neubildung einen Strom von Energie, der bei glatter, tadelloser Beschaffenheit der Haut die Geschwindigkeit des Körpers erhöht haben würde.

Die folgenden kinematographischen Bilder des Strömungsverlaufes an der ungleich rauhen Planke (Fig. 5) und an einem glatten, schiffsförmigen Modell zeigen bei zunehmender Geschwindigkeit im Zusammenhange recht gut die geschilderten Einzelheiten, doch eignen sich die einzelnen Bildchen der Serie weniger für eingehendere Studien, als man erwarten sollte, da der Maßstab derselben zu klein ist. Besonders möchte ich auf die Wirkung der großen Energiemenge aufmerksam machen, welche durch die verschiedenen Widerstandsursachen vom Fahrzeug auf das Wasser übertragen wird. Sie äußert sich am Schluß jedes Bildes, sobald das Schiffsmodell resp. die Planke stillsteht, in einer mächtigen Strömung, die nun in entgegengesetzter Richtung wie die ursprüngliche Strömung beiderseits von hinten nach vorn am Modell entlang fließt.

Bei großen Fahrzeugen dient ein guter Farbenanstrich zur Erhaltung einer glatten Außenhaut, aber er kann selbstverständlich nicht die in der Konstruktion des Schiffes liegenden Widerstandsursachen beseitigen. Solche Ursachen, die den Reibungswiderstand vergrößern, sind zweifellos die durch die Nietköpfe und das Übereinandergreifen der Stahlplatten gebildeten Vorsprünge, da diese in dem vorbeistreifenden Wasser allerlei Wirbelungen erzeugen, und daher einen unnützen Kraftverbrauch bedingen. Um die Form dieser Wirkung kennen zu lernen, habe ich mir ein Stück



Schiffshaut von der Werft der Herren Blohm & Voß erbeten und darnach (wegen des zu großen Gewichtes der Stahlstücke) ein Holzmodell anfertigen lassen, wie es in Figur 10 von oben gesehen erscheint. Die Nietköpfe sind fortgelassen. Das Modell hat eine Plattendicke von 13 mm bei 37 cm Länge, und taucht etwa 15 cm tief ein. Der Einfluß der ein- und ausspringenden Winkel an den zusammengefügten Platten ist beiderseits an den durch Bärlappmehl sichtbar gemachten Oberflächenströmungen zu erkennen. Im Stereoskop tritt neben den die Flanken begleitenden Wirbeln noch ein energisches Aufstauen des Wassers vor dem Ende der angesetzten Platte und eine entsprechende Depression im einspringenden Winkel an der Gegenseite hervor. Darin zeigt sich, daß vor den Plattenköpfen ein erhöhter positiver Widerstandsdruck herrscht, und hinter denselben eine retardierende Saugung, die auch durch die am gleichen Orte stattfindende Wirbelbildung dokumentiert wird. Bei größeren Geschwindigkeiten (Fig. 11) nehmen die Wirbelungen einen wilderen, turbulenten Charakter an, und die Stauungen und Wellenbildungen führen zu stark ausgeprägten Deformationen des dynamischen Niveaus.

In die gleiche Ordnung möchte ich die Widerstandserscheinungen am Rudersteven stellen. Sie sind vielleicht noch mehr der Beachtung wert, weil es der Schraubenstrahl ist, der unmittelbar hinter dem Propeller mit voller Geschwindigkeit auf den Steven trifft und von ihm gespalten wird, und weil diese Vorgänge sich in unmittelbarer Nähe des Ruders abspielen. Eine Wirkung auf die Steuerfähigkeit ist daher keineswegs a priori ausgeschlossen; doch muß diese Frage, die im Anschluß an das Steuerproblem weiterer Untersuchung bedarf, einstweilen zurückgestellt werden. Ich möchte hier nur durch die Figuren 12 und 13 die mächtige Widerstandswirkung eines stumpfen, vierkantigen Stevens der gewöhnlichen Form illustrieren, im Gegensatz zu einem solchen vom gleichem Querschnitt, der aber nach vorn in rationeller Weise zugeschärft ist und daher mehr messerartig das Wasser durchschneidet.

So gewiß es nun ist, daß durch die Beseitigung aller dieser und ähnlicher Widerstandsursachen sowie durch eine möglichst ideale Glättung der benetzten Schiffshaut der Reibungswiderstand auf ein Minimum gebracht werden kann, so gewiß ist es andererseits, daß dadurch eine völlige Vermeidung jeder Wirbelbildung am Schiff nicht zu erreichen ist. Immer bleibt die Adhäsion des Wassers an der glatten Haut bestehen; und da sie größer ist als die Kohäsion des Mediums, so bildet sich beim Vorüberfließen zwischen der netzenden Wasserhaut und dem Seitenstrome eine Trennungsschicht, die von einer langen Wirbelkette ausgefüllt wird.



50 cm lange Planke.

Hautreibung bei v = 35,6 cm.



➤ Strom.

Fig. 7.

50 cm lange Planke.

Hautreibung bei v = 60 cm.

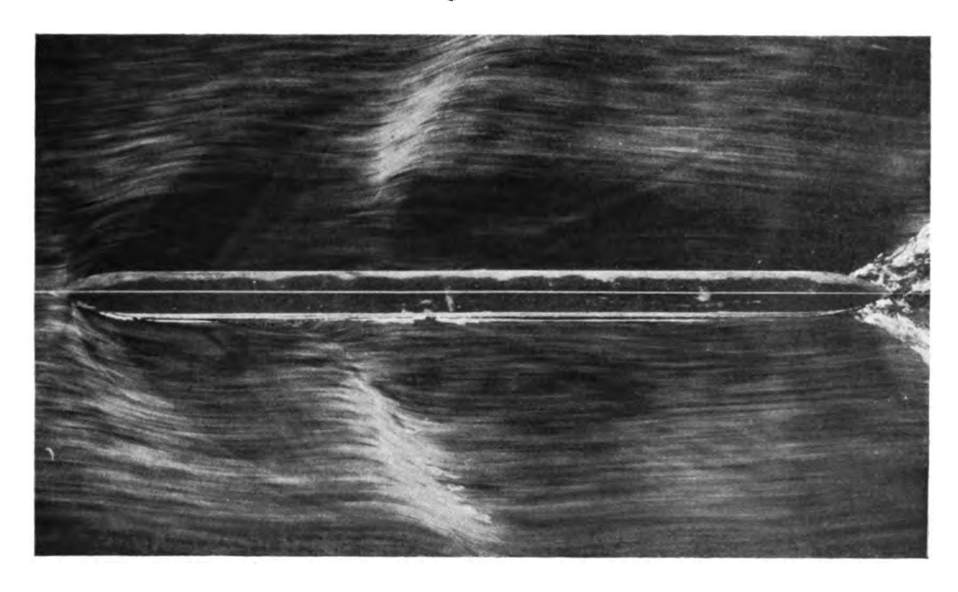


Fig. 8.

50 cm lange Planke.

Hautreibung bei v = 110 cm.

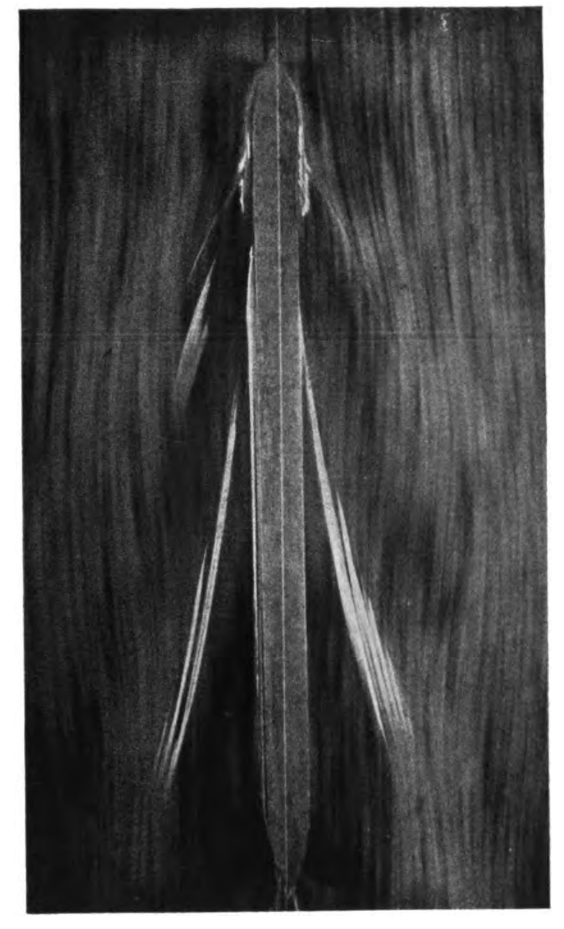


Fig. 9.

Strömung des Wassers über die Verbindungsstelle zweier Platten der Schiffshaut.

Länge 37,5 cm. v = 40 cm.

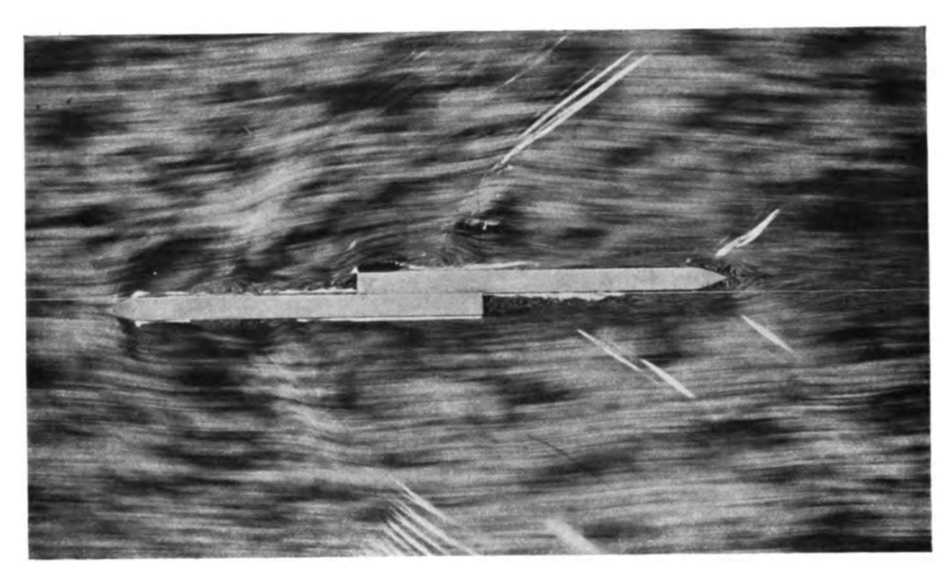


Fig. 10.

Strömung des Wassers über die Verbindungsstelle zweier Platten der Schiffshaut.

Länge 37,5 cm. v = 94,7 cm.

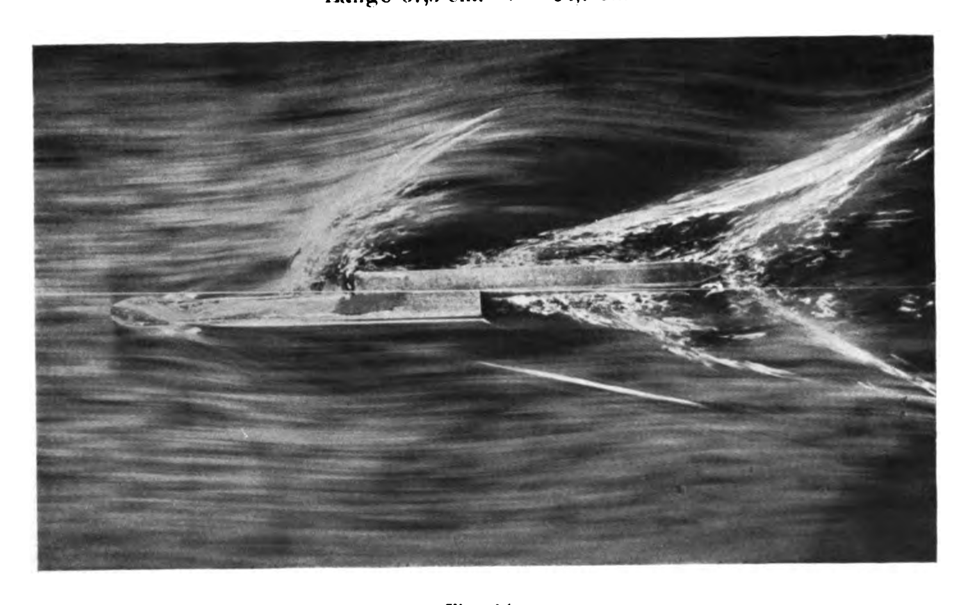


Fig. 11.

Strömungen an einem stumpfen Rudersteven.

v = 106,8 cm.

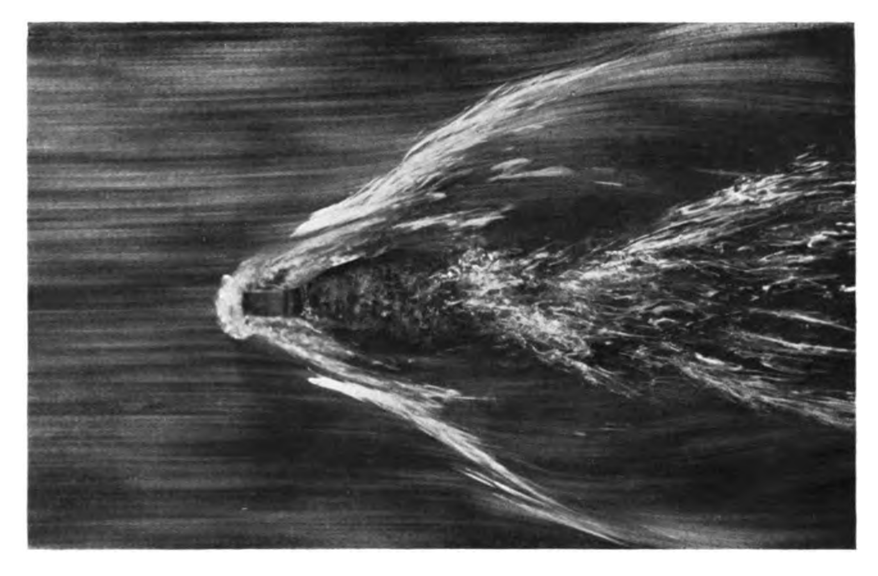


Fig. 12.

Strömungen an einem zugeschärften Steven.

v = 107,0 cm.

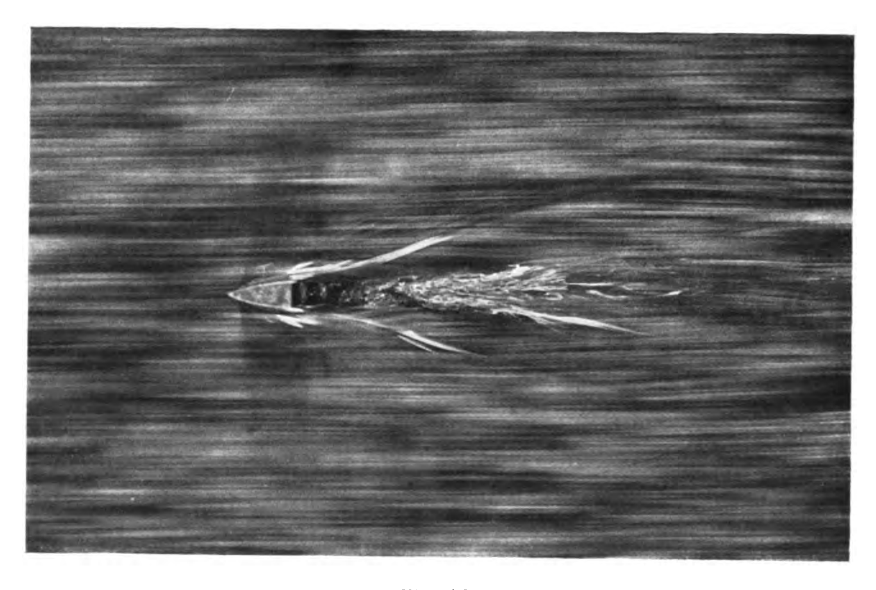


Fig. 13.

Strömungen an elliptischen Prismen als Übergangsform zwischen querstehenden Platten und dem Schiff.

v = 24,7 cm.

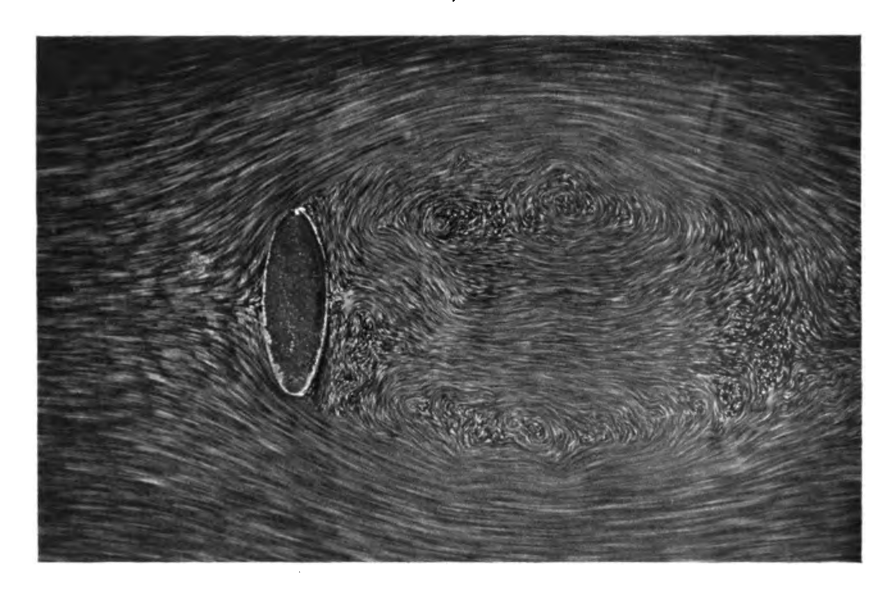


Fig. 14.

v = 24,8 cm.

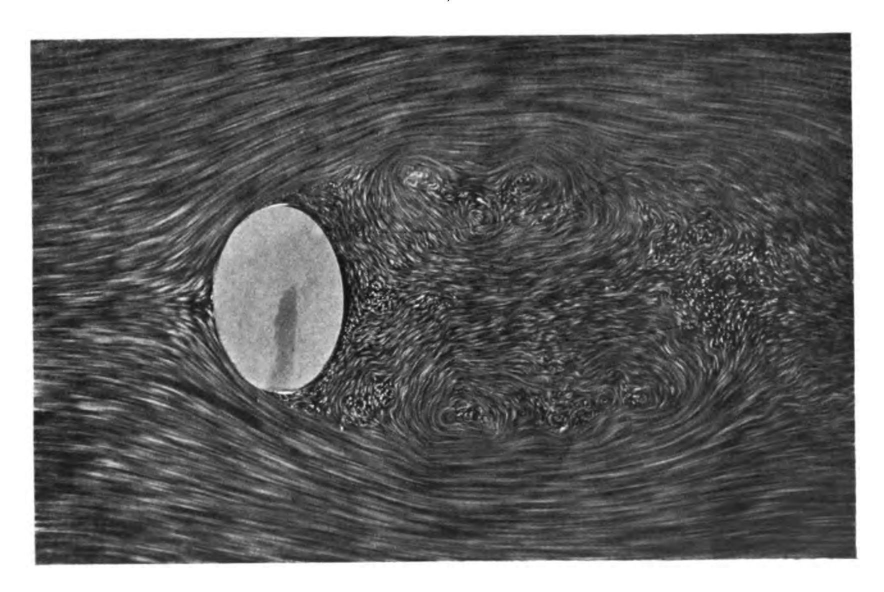


Fig. 15.

Strömungen an elliptischen Prismen als Übergangsform zwischen querstehenden Platten und dem Schiff.

v = 24,0 cm

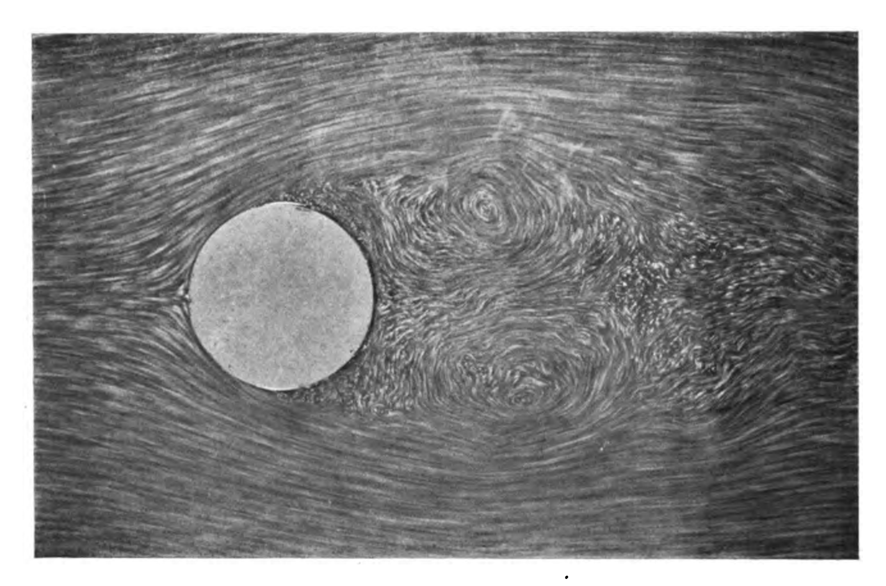


Fig. 16.

v = 24,5 cm.

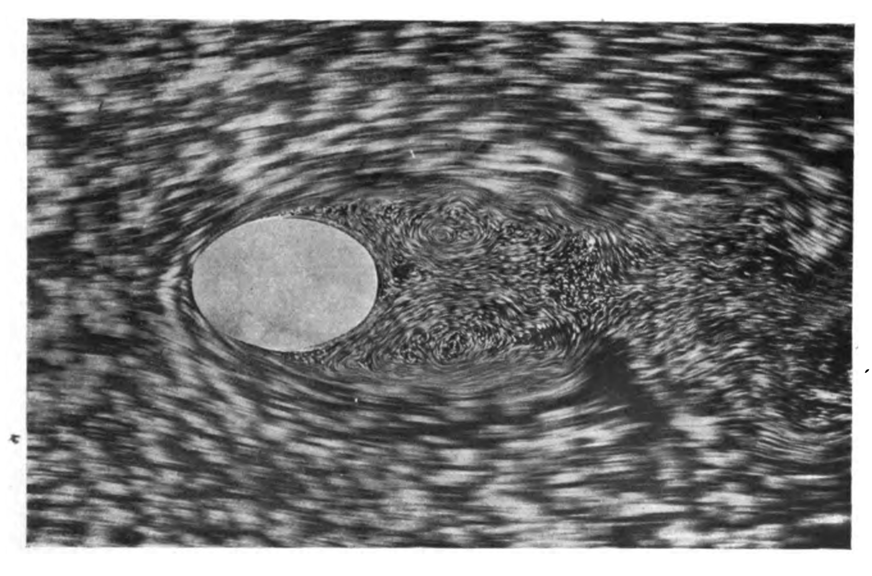


Fig. 17.

Seite 77 b.

Strömungen an elliptischen Prismen als Übergangsform zwischen querstehenden Platten und dem Schiff.

v = 24,2 cm

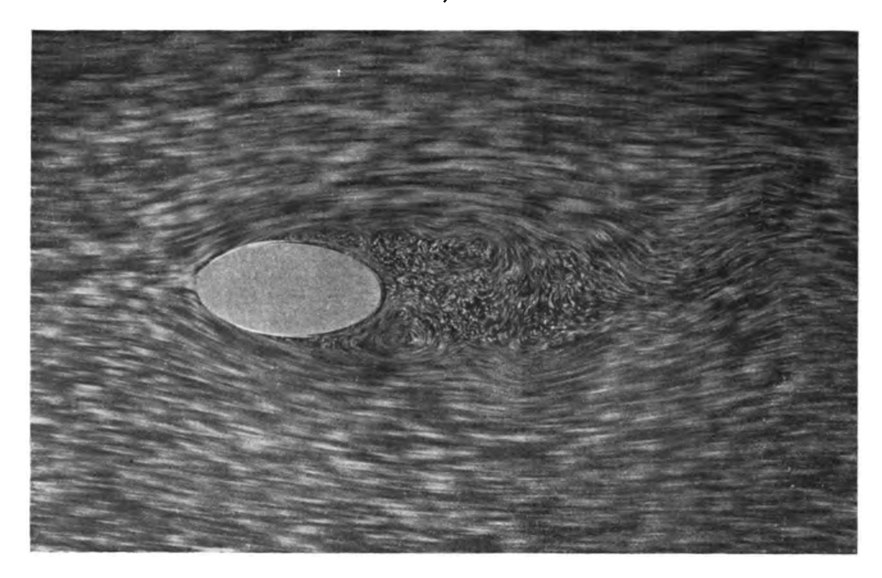


Fig. 18.

v = 12 cm.

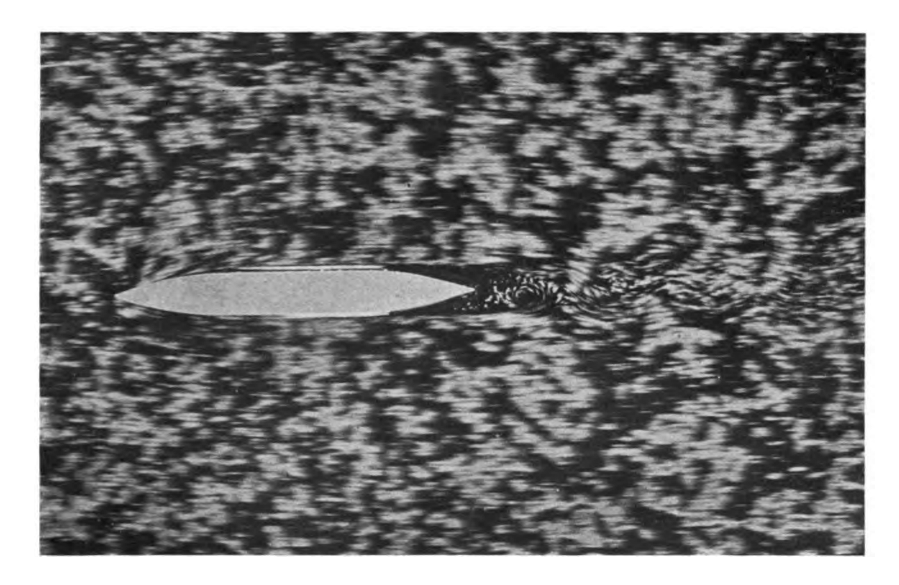


Fig. 19.

Strömungen an einem Prisma von schiffsförmigem Querschnitt bei steigender Geschwindigkeit.

v = 44,8 cm.

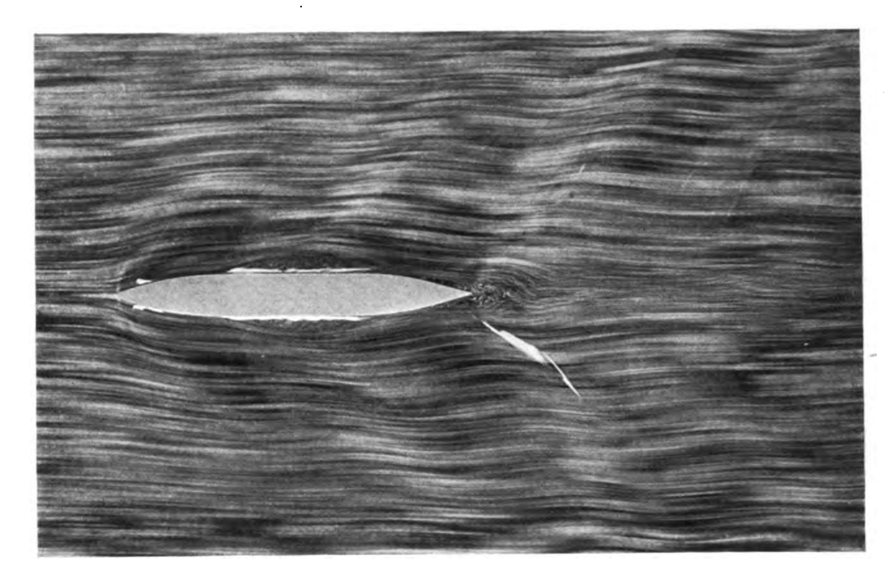


Fig. 20.

v = 85,9 cm.

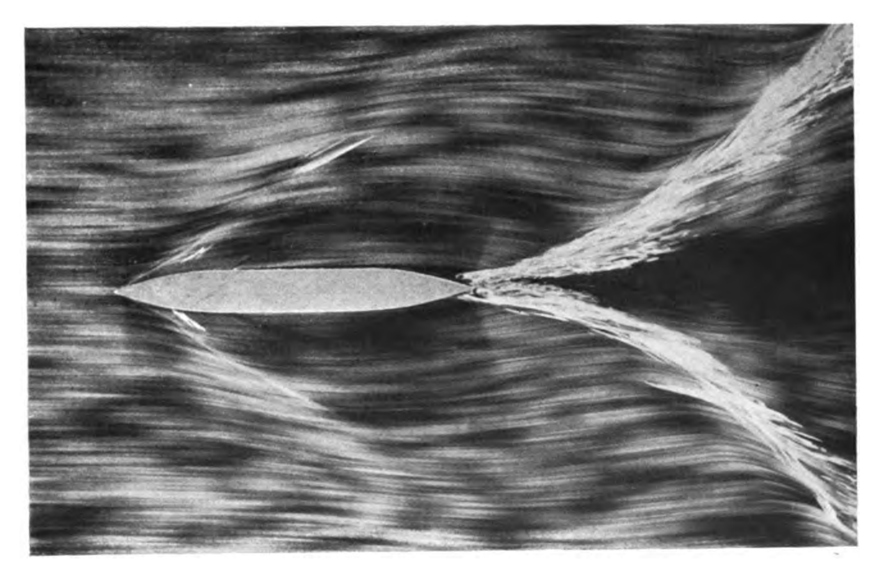


Fig. 21.

Seite 77 d.

Strömungen an einem vierkantigen, prahmartigen Prisma.

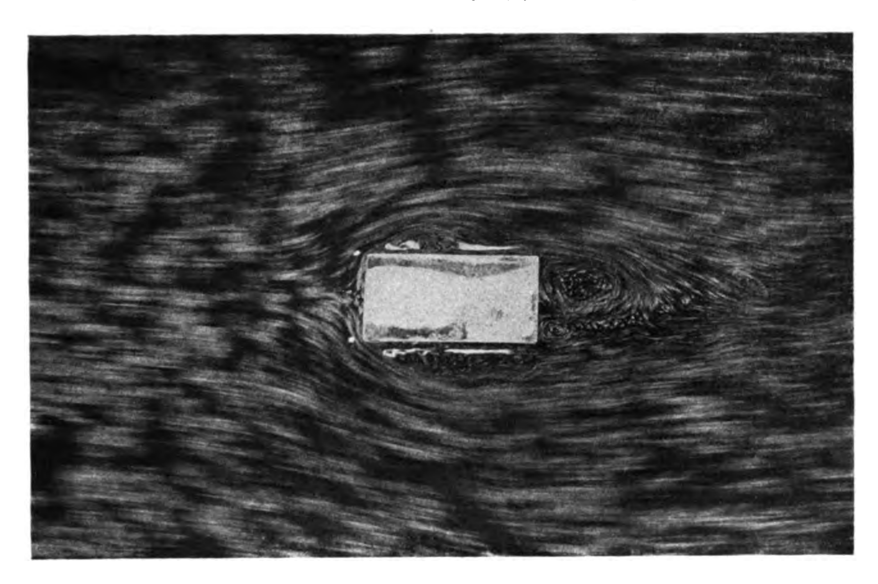


Fig. 22.

Torpedoprofil 20 cm lang, ca. 10 cm tief eintauchend bei etwa 50 cm Geschwindigkeit.

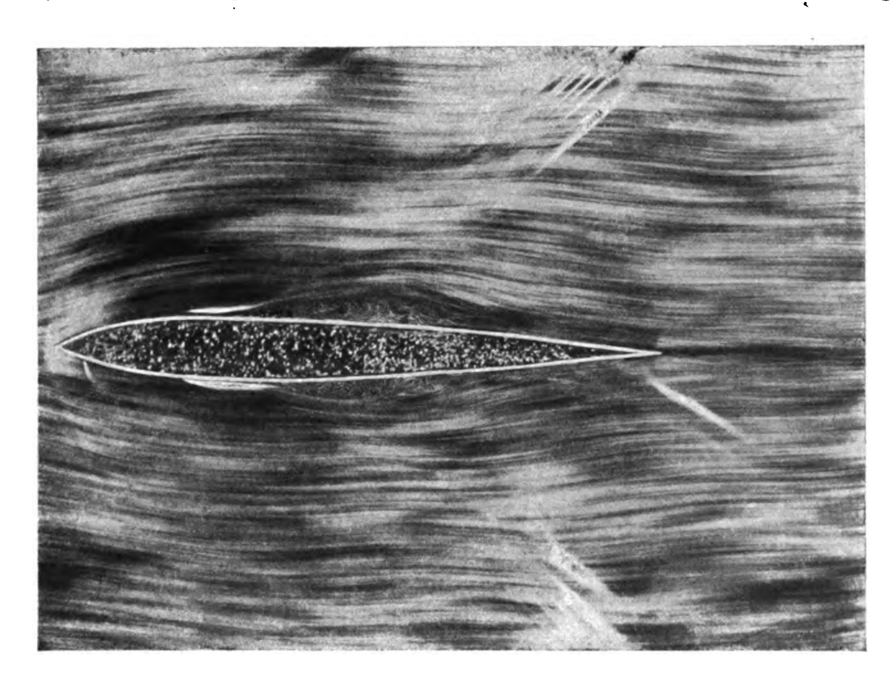


Fig. 23.

Die Funktion der Wirbel ist dieselbe, wie wir sie an den Seiten des „toten Wassers“ kennen gelernt haben. Und wie dieses als eine Art Fortsetzung des Schiffes erscheint, mit dem es die gleiche Geschwindigkeit hat, so bilden auch die Reibungswirbel an der Schiffshaut nur eine Fortsetzung nach vorn, resp. den Anfang der Wirbelungen, die im Heckwasser klar zu Tage liegen, und beide sind nur Glieder eines einzigen, untrennbaren Bewegungssystems.

Diese Tatsache ist das Ergebnis einer Reihe von Versuchen, welche ich anstellte, um die oben bereits formulierte Frage zu beantworten, was aus dem Wirbelringe hinter der ebenen Scheibe wird, wenn diese schrittweise in die Schiffsform übergeführt wird.

Zu diesem Zwecke ließ ich einige prismatische Holz- und Metallmodelle anfertigen von elliptischen, kreisförmigen und Schiffslinien-Querschnitten und setzte sie nach einander in der Reihenfolge der Figuren 14—18 dem Strom aus. Der Vergleich der so erhaltenen Strömungsbilder mit den Widerstandserscheinungen an der ebenen Platte lehrt uns, wie die Wirbelung sich um den Seitenrand der zylindrischen Körper bis weit über den Äquator hinaus nach vorn verschiebt und endlich bei dem schiffsförmigen Profil, Fig. 19—21, bis vorn an den Anfang des parallelen Mittelstücks heraufreicht. Wie nun auch bei den verschiedenen Formen und Fahrgeschwindigkeiten die wirbelnde Wasserschicht eingeschnürt und von der Seite gegen die Schiffsflanken gedrückt wird, stets entspricht ihre vordere Grenze in ihrer wirbelbildenden Eigenschaft dem Seitenrande der ebenen Tafel.

Soweit ich sehe, erfährt die Lage dieses Punktes keine sehr erhebliche Verschiebung mit steigender Geschwindigkeit. Bei geringen Geschwindigkeiten erscheint die Wirbelschicht an den Seiten nur als ein schmaler Gürtelstreifen, sodaß sie sich bei den angewandten Modellgrößen leicht der Beobachtung entzieht und auch nur ein schwach wirbelndes „totes Wasser“ hinterläßt. Bei größeren Geschwindigkeiten nimmt sie mittschiffs eine größere Breite an, um bei sehr großen Geschwindigkeiten fast vollständig vom Seitenstrom fortgefegt zu werden. Kleine, von den Flanken ausschießende transversale Wellenkämme bezeichnen dann die vorderen Grenzen des Wirbelgebietes, dessen hinteres Ende als Kamm der Heckwelle in Form zweier schäumenden Initialwellen der Heckechellons in die Augen fällt.

An prahmartigen Modellen (Fig. 22) mit ebener oder konvexer Vorderseite und bei den zylindrischen Körpern (Fig. 14—18) springt der Seitenstrom plötzlich heraus, wie vom Rande einer ebenen Tafel, als wäre die beginnende Wirbel-



schicht ein festes, nicht zu verdrängendes Hindernis. Da nun am Rande der Tafel der dynamische Druck negativ wird, was man leicht an dem Herabsinken des Wasserspiegels unter die Linie des (statischen) Nullniveaus erkennt, so ist anzunehmen, daß auch am Wirbelanfang des Schiffes ein solcher Übergang vom Überdruck- zum Minderdruckgebiet stattfindet. Der Wirbelursprung wäre danach an der Stelle der Schiffsflanken zu suchen, wo während der Fahrt die Wasserlinie die Nullinie der Ruhelage schneidet.

Wird durch stationäre Wellenbildung im Wirbelgebiete der dynamische Druck positiv, so kann auf die Länge des über die Nullinie emporragenden Wellenberges die sichtbare Wirbelung unterbrochen werden, wie es in Fig. 23 durch die Heckwelle des torpedoförmigen Modells geschieht.

An den verschiedenartigsten Modellen habe ich im vorderen Hochdruckgebiete niemals irgend welche erkennbare Wirbelbildung beobachtet, sofern das Wasser freien Zutritt zu der Oberfläche des festen Körpers hatte. Die hemmende Wirkung der Körperoberfläche auf die Bewegung des Wassers hat hier allem Anscheine nach nur eine Rotation der Wasserteilchen innerhalb der benachbarten molekularen Stromfäden zur Folge.

Die Frage nach der Wirkung der Wirbelbewegung auf die Fortbewegung des Schiffes ist leicht zu beantworten. Da die Versuche gezeigt haben, daß die ganze seitliche Wirbelschicht am Modell nichts weiter ist, als der zwischen Schiffsrumpf und Seitenstrom eingekeilte, weit nach vorne gezogene Rest des Hauptwirbelringes, so ist ihr Einfluß im Prinzip derselbe, wie der des Wirbelringes hinter der querstehenden Platte.

Wie der Wirbel am Ursprung in Form eines partiellen Vakuums oder Druckminimums entsteht, übt er nach allen Seiten eine radiale, zentripetale Saugung aus, auf den Seitenstrom wie auf die Schiffswand. Das benachbarte, in tangentialer Bewegung befindliche Seitenstromwasser wird dadurch in die Kreisbahnen des Wirbels gelenkt. Soweit es sich nun von hinten her in den Raum zwischen Wirbelachse und Schiffswand hineinschiebt und an dieser nach vorn hin entlanggleitet, übt es durch Reibung in derselben Weise, wie der Hauptstrom am Bug, aber in entgegengesetzter Richtung, eine die Bewegung des Schiffes fördernde Wirkung aus, indem es selbst an Geschwindigkeit verliert und einen Teil der vom Seitenstrom stammenden Energie an das Schiff abgibt. Dieser am Schiffe entlang gehende und nach vorn gerichtete Bogen des Wirbelstromes ist nichts anderes als der durch den Schiffskörper der Länge nach halbierte Nachlauf. Seine Geschwindigkeit ist wechselnd und soweit die deutliche Wirbelung reicht zwar größer als die des Schiffes, aber



infolge des eingetretenen Energieverlustes geringer als die des Seitenstromes. Daher muß sich der ganze Wirbel mit der halben Differenz der Geschwindigkeiten in der Richtung des stärkeren Stromes, also nach hinten bewegen.

Je größer nun die Rauheit der Schiffswand, desto stärker sind auch die Energieverluste, desto mehr wird der Strom nach vorn gehemmt und desto schneller der Wirbel von seiner Ursprungsstätte nach hinten fortgerissen. So werden bei fortgesetzter Neubildung der Wirbel immer neue Wassermassen in wirbelnde Bewegung versetzt, während bei glatter Haut der nach vorn laufende Wirbelbogen weniger Einbuße an Geschwindigkeit erleidet und daher der Wirbel, wie eine echte Friktionsrolle, von mehr stationärer Natur ist und seltener erneuert zu werden braucht.*)

Die gesamte Energie, mit der der Wirbel seinen Ursprungsort verläßt, um damit nach hinten abzuziehen und im Kielwasser zu verschwinden, ist verloren, aber es ist immerhin eine überraschende Tatsache, daß der unmittelbar über die Oberfläche unserer Modelle ziehende, innere Wirbelstrom nach vorn gerichtet ist, und daß die wirklich stattfindende Hautreibung im entgegengesetzten Sinne erfolgt, wie man es sich gewöhnlich vorstellt. Die Wirbelbildung hat daher hier nicht ihre Ursache in zufälligen Rauheiten der Haut, sondern in der Gesamtform des festen Körpers. Somit läßt sich annehmen, daß auch der Kraftverlust oder Widerstand, der mit der Wirbelbildung verbunden ist, nicht allein von dem Inhalte der benetzten Fläche und ihrer physikalischen Beschaffenheit, sondern auch von der Form des Schiffskörpers abhängig ist.

Es wäre zu wünschen, daß diese von kleineren Modellen abgeleiteten Ergebnisse mit Sorgfalt an großen Modellen und Schiffen wiederholt und nachgeprüft würden, denn es ist selbstverständlich nicht statthaft, Resultate von so kleinen Modellen ohne weiteres auf große Schiffe zu übertragen, es sei denn, daß sich bei peinlicher Innehaltung der Bedingungen des Ähnlichkeitsgesetzes auch wirklich geometrisch ähnliche Phänomene ergeben. Die Versuche mit kleinen Modellen gewähren den großen Vorteil, daß sie leicht und ohne allzugroße Kosten durchzuführen sind. Im übrigen sind ihre Ergebnisse mehr qualitativer als quantitativer Art; sie können uns, wie im vorliegenden Falle, recht wertvolle Aufschlüsse über das Wesen der Erscheinungen

*) Die reine Friktionsrolle scheint vorzuliegen, wo der Wirbel, wie in Fig. 23, nach hinten durch einen stationären Wellenberg am Schiffe eingeschlossen und am Entrinnen verhindert sind.



geben und die Richtung bezeichnen, in der das Experiment im großen anzusetzen ist, wodurch dann manchem entmutigenden Mißerfolge und unnützen Geldopfern vorgebeugt werden kann.

Zum Schluß möchte ich noch kurz an ein Phänomen erinnern, das mit der Wirbelbildung am Schiffe zusammenhängt. Es ist die bekannte Erscheinung, daß jedes Schiff eine lange Zeit deutlich sichtbare Spur auf dem Wasser hinterläßt. Das Kielwasser erscheint glatt und bewegungslos und ist gegen das benachbarte und mit krausen Wellen bedeckte seitliche Wasser scharf abgegrenzt.*) Als Ursache gibt man wohl eine vom Schiffe auf das Wasser gelangte Fetthaut an, die ja die Eigenschaft hat, infolge großer Oberflächenspannung die Wellenbildung zu unterdrücken. Da sich jedoch das glatte Kielwasser auch hinter Seglern findet, die zu ihrem Betriebe kein Öl verwenden, so muß eine andere Ursache vorhanden sein. Die Fetthaut würde auch wie eine Scholle schnell vom Winde fortgetrieben werden, während die blanke Schiffsspur am Orte bleibt.

Die wahre Ursache der Erscheinung liegt meines Erachtens in der Wirbelung des Kielwassers. Alle Wirbel, die irgendwo an den Schiffsflanken entsprungen sind, gelangen schließlich ins Kielwasser und ziehen am Seitenrande desselben in langem Zuge kreiselnd und drehend dahin.

Man erkennt die Wirbelreihe vom Heck kleiner Dampfer in einigem Abstande seitlich vom Schraubenstrahl an ihren bekannten trompetenförmigen, fortwandernden achsialen Vertiefungen; die kreisende Bewegung des Wassers reicht noch ein gut Stück weiter zur Seite. Der Grund nun, warum die Wellenbewegung von dem Seitenwasser nicht auf das Kielwasser hinübergreift, liegt in dem bekannten physikalischen Prinzip des Kreisels. Dieselbe Kraft, die den Kreisel und das Fahrrad am Umfallen verhindert und die Achsen der Weltkörper bei ihren Bewegungen durch den Weltraum immer in derselben Lage erhält, sie stellt sich auch bei unsern drehenden Wasserwirbeln jeder Änderung der Lage ihrer freien Achsen entgegen. Es müßte aber eine Drehung der Achsen um 90° stattfinden, wenn die horizontale Wirbelung durch Wellenbildung ersetzt werden sollte, da die Wirbelachsen

*) Das englische Wort „wake“ = Kielwasser ist isländischen Ursprunges und stammt vermutlich von dem altnordischen vök, Plur. vakir, was, wie das deutsche „Wake“, eine blanke, eisfreie Stelle im Wasser bedeutet. Die englische, übertragene Bedeutung des Wortes „wake“ wäre dann sehr bezeichnend eine blanke, wellenfreie Schiffsspur, wegen der Ähnlichkeit des Kielwassers mit einer langen Eisspalte.



vertikal stehen, während die in den Wellen erfolgende Rotation der Wasserteilchen in vertikalen Kreisen um horizontale Achsen erfolgt. Es kann somit die Wellenbildung im Kielwasser erst dann eintreten, wenn die Wirbel ermüdet und ausgestorben oder ihr Widerstand durch gewaltsame seitliche Wellenkräfte gebrochen ist.

IX. Die Wirkung der Schiffsschraube auf das Wasser.

*Vorgetragen von **Fr. Ahlborn.***

So einfach auf den ersten Blick die Form, Bewegung und sichtbare Antriebsleistung der Schiffsschraube ist, so wenig aufgeklärt ist ihre Wirkung auf das Wasser, so gering sind unsere positiven Kenntnisse über die Vorgänge, welche sie im Innern des Wassers hervorruft und in deren Begleitung der nützliche achsiale Schraubendruck entsteht, der das Schiff vorwärts treibt.

Bei der weiten Verbreitung und Anwendung, welche die Schraube als beste der Antriebsvorrichtungen in allen Schiffsklassen gefunden hat, und bei dem immer noch sehr bedeutenden Betrage nutzlosen Kraftverbrauchs, der mit der Erzielung des gewünschten Schubes verbunden ist, konnte es nicht ausbleiben, daß von allen Seiten große Anstrengungen gemacht wurden, dies wichtige Organ des Schiffes auf einen seiner Bedeutung entsprechenden Grad von Vollkommenheit zu bringen. Man suchte nach Verbesserungen in der Form der Schraube, durch welche die nutzlose Arbeit verringert werden könnte.

Die von **Rankine**, **Greenhill**, **Fitzgerald**, **Thornycroft**, den beiden **Froude** u. a. m. begründete und weiter ausgestaltete Theorie der Schiffsschraube bezieht sich auf ideale Propeller und überläßt es der Erfahrung und dem empirischen Experiment, die in jedem Einzelfalle zweckmäßigste Form und Größe der Schraube herauszufinden. Wenn so die Praxis von der Theorie gerade dann im Stiche gelassen wird, wenn sie ihrer Stütze am dringendsten bedarf, so muß doch hervorgehoben werden, daß die theoretischen Diskussionen das Verständnis des ganzen Schraubenmechanismus ungemein gefördert haben. Dadurch erhielt auch die Praxis manchen wertvollen und nützlichen Fingerzeig und die Theorie hat indirekt einen nicht zu unterschätzenden, großen Anteil an der allmählichen Vervollkommnung der Schraube genommen.

Eine Theorie, welche der praktischen Technik als zuverlässige Führerin dienen soll, muß unbedingt von den realen, wahren Vorgängen und Erschei-



nungen in der Natur ausgehen. Tut sie es nicht, weil ihr die Vorgänge nicht genügend bekannt sind, oder weil sich die vorhandenen mathematischen Hülfsmittel hierfür als unzulänglich erweisen, so wird ihr Geltungsbereich den angenommenen Vereinfachungen entsprechend eingeschränkt, und die praktische Anwendung muß sich mit Annäherungen, so gut es geht, zu helfen suchen.

Nach Einsichtnahme in die umfangreiche, namentlich englische Literatur über das Problem der Schiffsschraube habe ich die Überzeugung gewonnen, daß ein Haupthindernis eines theoretischen wie praktischen Fortschrittes in dieser wichtigen Frage unsere unzulängliche Kenntnis von der Wirkung der Schraube auf das Wasser ist, in dem sie arbeitet. Wie können wir daran denken, eine Maschine zu verbessern, wenn wir das Zusammenwirken ihrer Teile nicht klar übersehen? Und wenn es durch empirisches Probieren schließlich gelingt, einen Erfolg zu erzielen, so bleibt es doch ein unbefriedigendes Tasten im Dunkeln, solange der mechanische Zusammenhang nur eine Annahme ist, und die Wirkung möglicherweise ganz anders verläuft, wie beabsichtigt.

Ich wage zu sagen, daß alle besonderen Formungen und Gestaltungen dieses Antriebsmittels solange problematisch bleiben, bis wir die durch sie bedingten und hervorgerufenen hydrodynamischen Vorgänge durch objektive Untersuchungsmethoden sicher kennen gelernt haben. Die Aufgabe kann natürlich nur mit Hülfe der photographischen Analyse gelöst werden.

Da die Schraube eine einfache Maschine ist, durch die eine beschränkte Anzahl mehr oder weniger plattenförmiger Flügel unter einem der Ganghöhe entsprechenden Winkel rotierend durch das Wasser geführt wird, so hängt ihre Wirkung offenbar von dem Neigungswinkel und der Umdrehungsgeschwindigkeit ab. Der wesentliche Unterschied gegenüber den früher untersuchten hydrodynamischen Vorgängen an geradlinig bewegten, plattenförmigen Körpern liegt somit in der Rotation, und es ist vorauszusehen, daß (wegen der mit dem Abstande von der Welle zunehmenden tangentialen Geschwindigkeit der Flügelelemente, wie auch infolge der vermutlich eintretenden zentrifugalen Tendenzen) die Bewegungen am Schraubenflügel einen ganz anderen Verlauf nehmen werden, als an ähnlich gestalteten Platten bei geradliniger Bewegung.

Da der Widerstand mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zunimmt, so müssen auch die zugehörigen dynamischen Druckdifferenzen an der Spitze des Flügels weit größer sein, als am Grunde. Das Maximum des Druckes



liegt danach nahe dem einschneidenden Rande an der Druckseite der Flügelspitze, das Minimum ebendort an der Sogseite. Der Hochdruck nimmt längs dem Vorderrande gegen die Welle ab, wo er gleich Null wird, und der negative Druck an der Hinterseite sinkt von Null an der Wellenmitte in der entgegengesetzten Richtung bis zu seinem tiefsten Standpunkt an der Flügelspitze. Diese eigenartige Druckverteilung bedingt an der Druckseite ein centripetales, an der Rückseite ein centrifugales Gefälle. Durch eine von der Spitze gegen den Flügelgrund zunehmende Steigung des Blattes kann eine gleichmäßigere Beanspruchung des Flügelareals erzielt, und dadurch in gewissen Grenzen auch ein nivellierender Einfluß auf die Druckverhältnisse in radialer Richtung ausgeübt werden. Es ist aber sehr fraglich, ob dadurch für den Vortrieb etwas gewonnen wird; da die übertriebene Querstellung der Flügelbasis eine mehr rotatorische als translatorische Wirkung hat, und die Rotation des Schraubenstrahles einen Kraftverlust bedeutet, der dem Vortrieb nicht zugute kommt. Man hat daher alle Ursache, die Rotation nicht zu vergrößern, sondern möglichst zu verringern, denn der vortreibende Schraubenschub ist doch nur die Reaktion auf die nach hinten gerichteten, achsialen Schraubenkräfte, nicht aber auf die rotierenden, tangentialen.

Leider ist die Rotation des Strahles ein notwendiges Übel, das mit der Triebwirkung der Schraube untrennbar verbunden ist und sich ebenso wie diese aus der schrägen Stellung der rotierenden Flügel ergibt. Natürlich treten mit der Rotation der Wassermassen auch zentrifugale Kräfte in Tätigkeit, die eine Zunahme des dynamischen Druckes von der Achse des Schraubenstrahles nach außen bedingen. Aber ein Abschleudern des Wassers über den Umfang der Schraube hinaus, wie man es sehen kann, wenn bei leeren Schiffen die Flügelspitzen aus dem Wasser hervorsehen, findet bei untergetauchter Schraube nicht statt, da dies durch die achsiale Beschleunigung unter dem Druck des umgebenden Wassers verhindert wird. Daher waren auch die von älteren Erfindern beliebten Einwärtsbiegungen der Flügelspitzen, die das Abschleudern des Wassers verhindern sollten, ohne jeden Nutzen. —

Für die Untersuchung der Stromlinienbewegung des Wassers durch die Schiffsschraube hatte der jetzige Leiter der Versuchsanstalt des Nordd. Lloyd in Bremerhaven, Herr Ingenieur Bruckhoff, die Güte, mir eine Reihe von Modellen verschiedener Schraubenformen zur Verfügung zu stellen, wie sie für die dortigen dynamometrischen Messungen in Verbindung mit Schiffsmodellen verwendet werden.



Nach Beschaffung der nötigen Antriebsvorrichtung sowie eines Chronographen zum Registrieren der Umdrehungsgeschwindigkeit, wurden die Schraubenmodelle zunächst an Ort, ohne gleichzeitige translatorische Bewegung, in Rotation gesetzt, um möglichst einfache und klare Verhältnisse zu haben. Für das Verständnis der Vorgänge schien mir die Entwickelungsgeschichte des Schraubenstrahls ein geeignetes Mittel zu sein. Hierzu bedurfte es einer großen Zahl von photographischen Aufnahmen, die, immer um einen kleinen Zeitabschnitt von einander verschieden, in möglichst lückenloser Reihe den Einfluß der bewegten Schraube auf das Wasser vom ersten Beginn der Drehung bis zur vollen Ausgestaltung des Strahles zur Darstellung bringen sollten.

Für solche Zwecke eignen sich im allgemeinen kinematographische Aufnahmen am besten; sie haben aber den Nachteil, daß die Einzelbilder zu klein sind, um die feineren Einzelheiten der Strömungen mit genügender Klarheit zu veranschaulichen. Es mußte daher für den vorliegenden Zweck der mühsame, aber lohnende Weg der Einzelaufnahmen beschritten werden, der den großen Vorteil bot, daß nun alle Bilder stereoskopisch hergestellt werden konnten. Sämtliche Aufnahmen wurden auf Diapositivplatten übertragen und ergaben damit Ansichten der Strömungsvorgänge von solcher Durchsichtigkeit und Klarheit, daß ich die methodische Seite unserer Aufgabe mit Genugtuung als vollkommen gelöst bezeichnen kann.

Für die Untersuchung der Wirkung einer am festen Orte rotierenden Schiffsschraube auf das umgebende Wasser wurden die photographischen Aufnahmen der Strömungen von drei verschiedenen Standpunkten aus gemacht:

1. von der Seite gesehen, in Längsansicht,
2. von der Rück- oder Sogseite der Schraube,
3. von der Druckseite.

In allen drei Reihen wurden die aufeinanderfolgenden Versuche so geregelt, daß der Blitzlichtkontakt durch die Antriebswelle der Schraube geschlossen wurde, nachdem sie resp. $^1/_{32}$, $^1/_{16}$, $^1/_8$, $^1/_4$, $^1/_2$, $^3/_4$, 1, 2, 3 und mehrere Umdrehungen vollendet hatte.

Die vergleichende Betrachtung der für die einzelnen Entwickelungsstadien erhaltenen drei stereoskopischen Ansichten, die natürlich in mehrfacher Wiederholung hergestellt waren, gab über die Vorgänge am Ende jeder Periode jede irgendwie wünschenswerte Auskunft.

Für die den folgenden Mitteilungen zugrunde liegenden Versuche wurde das Modell der Schnelldampferschraube K. W. II., Vulcan, Proj. III verwendet, vom Durchmesser $2r = 151{,}1$ mm, Steigung $= 228{,}9$ mm, Wirkungsgrad 0,641.

Bei $^1/_{32}$ Umdrehung sind die Wirkungen der Schraube naturgemäß nur sehr geringe, sie treten aber an der Druckseite des unteren Flügels (Fig. 7) mit voller Deutlichkeit hervor. Die anderen Flügel haben teils keine günstige Stellung zu den über und unter dem Wasser befindlichen Lichtquellen, teils sind die Sägespänchen, welche die Stromlinien im Bilde hervorrufen, nicht in genügender Nähe vorhanden. Schon in geringer Entfernung vom Flügel

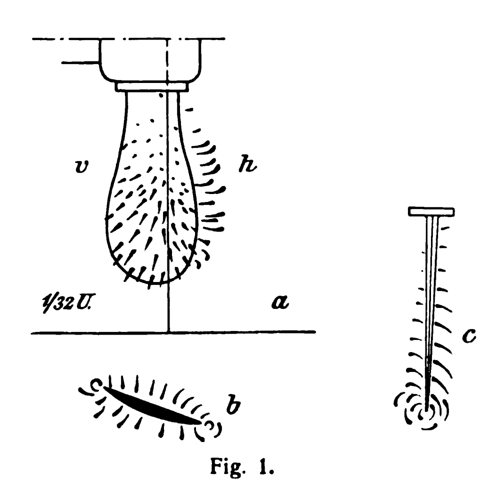


Fig. 1.

sind die Spänchen in Ruhe und erscheinen in Gestalt kräftiger, schneeweißer Punkte, aber in unmittelbarer Nachbarschaft der Flügel verraten sie die Bewegung des Wassers dadurch, daß sie die Kommaform angenommen haben.

Die Ursache dieser Erscheinung liegt teils in der Beschleunigung der Teilchen, teils in der abnehmenden Intensität des Blitzlichtes. Die Bewegung des Wassers erfolgt in der Richtung vom breiteren Ende der Kommata nach der Spitze zu, und die wechselnde Länge derselben ist das Maß der an den verschiedenen Stellen erreichten Geschwindigkeiten. Da das Bild immer nur die Projektionen der sichtbaren Stromspuren auf die Bildebene wiedergibt, so ist bei der Längenmessung auf die im Stereoskop erkennbare räumliche Lage der Linien Rücksicht zu nehmen.

Die weiße Linie im unteren Teile dieser und aller folgenden Figuren rührt von einem feinen, im Wasser ausgespannten Stahldrahte her und bezeichnet,

genau parallel zum Wasserspiegel, die Horizontalrichtung. Denken wir uns dazu, wie in der Textfigur 1a*), eine Senkrechte gezeichnet, welche durch die Mitte der Schraubenwelle geht, so verläuft diese der Länge nach über den unteren Flügel und schneidet von seinem hinteren Rande her etwa ein Drittel der Fläche ab. Über diesem Teile der Flügelfläche wenden sich die Stromlinien gegen den Hinterrand, während sie auf den vorderen zwei Dritteln eine Beschleunigung in der Bewegungsrichtung des Flügels (nach links) erfahren. Daneben tritt auf dem äußeren Drittel des Flügels eine gegen die Spitze zunehmende zentrifugale Beschleunigung des Wassers in die Erscheinung, wogegen über dem inneren, der Achse zugewandten Areal die Bewegung in radialer Richtung indifferent ist, oder eine zentripetale Tendenz erkennen läßt.

Sehen wir für die erste Orientierung von Einzelheiten ab, so können wir die Bewegung des Wassers an der Druckseite des Flügels im Anfangsmoment als einen gegen die Ränder gerichteten Abfluß charakterisieren, mit ausgesprochener Zentrifugalwirkung an der Flügelspitze und einem Druckmaximum auf der äußeren Flügelhälfte, von dem die entstehenden Stromlinien nach allen Seiten divergieren.

Umgekehrt haben die beginnenden Stromlinien an der Rückseite des Flügels im Anfangsmoment der Drehung konvergente Richtungen (Fig. 1b). Von allen Seiten wird das Wasser nachgezogen, und rings um die Flügelränder scheint sich ein wirbelnder Kranz bilden zu wollen, da die randnächsten Teilchen von der Druckseite nach der Sogseite herumschwenken. Im ganzen aber tritt schon in diesem Stadium klar hervor, daß der Flügel dem benachbarten Wasser eine Bewegung nahezu senkrecht zur Fläche erteilt. Daraus ergibt sich in tangentialer Richtung die Rotation und in der Richtung der Schraubenwelle die translatorische Bewegung des entstehenden Schraubenstrahles. Die letztere Komponente würde an den nach hinten gekehrten Flügelspitzen am stärksten hervortreten, wenn hier nicht in diesem Stadium die radialen Beschleunigungen vorherrschten, welche in dem folgenden Stadium die Entstehung eines gewaltigen Wirbelringes am Umfange der Schraube bewirken. — Im Längsschnitt des Flügels ergeben die Stromlinien das schematische Bild Fig. 1 c.

Nach $^1/_{16}$ bis $^1/_8$ Umdrehung der Schraube ist das Wasser im Abstande der etwa dreifachen Flügelbreite in Bewegung. An der Druckseite

*) Fig. 1a ist spiegelbildlich zu denken, sie zeigt dann schematisch dieselben Verhältnisse wie Fig. 7.



(Fig. 2 Dr.) macht sich bereits deutlich der Einfluß der Saugung des voraufgehenden Flügels dahin geltend, daß der Abfluß vorherrschend um den Hinterrand und die Flügelspitze erfolgt. Der Wirbel am Hinterrand h tritt deutlicher heraus (Fig. 2 b.), der des Vorderrandes v schwächer. Zwischen beiden folgt das Wasser der Rückseite des Flügels, wendet sich aber dabei energisch dem Hinterrande und der Spitze zu, sodaß es hier annähernd in derselben Richtung wie das Wasser an der Druckseite über den Rand hinaus in den Wirbel eintritt und diesen durch fortschreitende Wickelung vergrößert. Dadurch wird

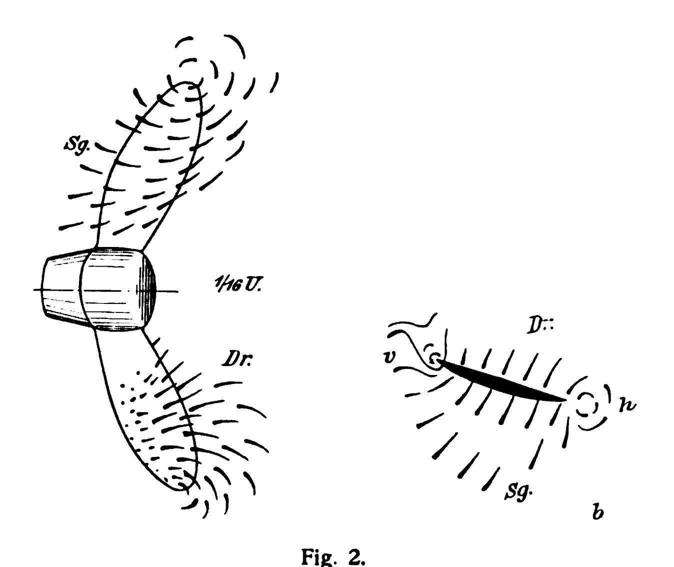


Fig. 2.

der Wirbel vom Hinterrande mehr und mehr verdrängt und gegen den Umfang der Schraube verschoben. An der Flügelspitze aber, wo das Wasser in zentrifugaler Richtung von der Druckseite fortgeschoben wird, strömt es zentripetal hinter die Rückseite, und zwischen beiden Gegenströmen wird der Wirbel in dem Maße spiralig fortgesponnen, wie die Flügelspitze auf ihrer Kreisbahn fortschreitet.

Bei $^1/_8$ bis $^1/_4$ Umdrehung der Schraube trifft die Druckseite schon auf Wasser, das unter dem Einfluß der Saugung des vorhergehenden Flügels gestanden und die drehende Bewegung begonnen hat. Der Vorderrandwirbel schrumpft daher noch weiter zusammen bis auf einen kleinen Rest lebhaft rotierenden Wassers, dessen Existenz fast nur an den eigenartig hakig gebogenen Linien des Sogstromes zu erkennen ist. Diese minimale, aber offen-

bar sehr heftige Wirbelung bleibt auch weiterhin bestehen und ist mit den steil auf die Rückseite des Vorderrandes stoßenden, vordersten Soglinien (s. Fig. 2b bei v u. Fig. 6 bei a) augenscheinlich die Ursache der bekannten Korrosionen des Flügelrandes.

Im Fortschreiten dringt die Flügelspitze in das nachgeschleppte Ende des Spiralwirbels vom voran gehenden Flügel ein. Dadurch wird ein großer, geschlossener Ringwirbel geschaffen, der sich wie ein Kranz um die Schraube legt und mit seiner kreisförmigen Rotationsachse durch die Flügelspitzen geht. Um die Unterhaltung und weitere Ausbildung dieses Wirbels drehen sich fortan alle Bewegungen des Schraubenwassers.

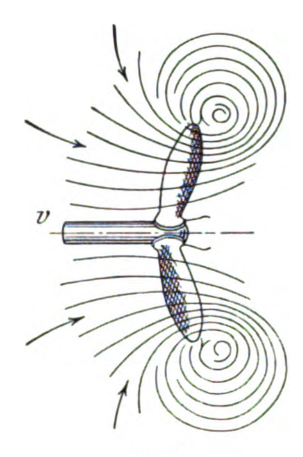


Fig. 3.

Hat die Schraube eine halbe Umdrehung vollendet, so befindet sich bereits das ganze Wasser bis auf gut Flügellänge von der Schraube in rotierender Bewegung um den Wirbelring. Diese bewegte Wassermasse hat die Form eines Rotationskörpers von nierenförmigem Achsenschnitt (Fig. 3) mit der Schraubenwelle als Achse. Die Form kommt dadurch zustande, daß der vor der Schraube liegende Innenraum v des Wirbelringes von dem auf konvergierenden Bahnen heranfließenden Speisewasser der Schraube erfüllt ist, während in der hinteren, trompetenförmigen Hälfte des Ringraumes das Wasser in geringer passiver Bewegung ist.

Deutlichst läßt sich nun auf den Photogrammen verfolgen, wie das Wasser von der Sogseite auf strahlenförmigen Bahnen und mit zunehmender Geschwindigkeit in den von den Flügeln bestrichenen Arbeitsraum der Schraube eintritt und daselbst eine äußerst energische, gegen die Flügelspitzen zu-

nehmende Beschleunigung und Ablenkung erfährt. Die Geschwindigkeit des Wirbels ist daher auf den inneren, die Schraube durchschneidenden Strombahnen am größten, während sich auf den äußeren, zurückkehrenden Bögen der Stromlinien die Bewegung auf größere, mehr seitwärts liegende Wassermengen ausdehnt und daher eine erhebliche Einbuße an Geschwindigkeit erleidet.

Infolge dieser Geschwindigkeitsdifferenz kann der Wirbelring nicht stationär an der Schraube bleiben, seine Achse muß sich vielmehr in der Richtung der stärkeren Strömung, also nach hinten von der Schraube entfernen. Dieser Vorgang ist bei einer halben Umdrehung bereits soweit gediehen, daß die Wirbelachse von den Spitzen der Flügel bis in die Querebene der hinteren Flügelränder verschoben ist.

Hat die Schraube dreiviertel einer Umdrehung zurückgelegt, so ist die Wirbelachse bereits um etwa Flügelbreite von der Schraube fortgerückt. Zugleich aber ist auch eine Erweiterung des Wirbels erfolgt, da der Radius der kreisförmigen Wirbelachse nahezu um Flügelbreite größer geworden ist. Diese Erweiterung erfolgt in ähnlicher Weise, wie bei einem Rauchring, der gegen einen festen Gegenstand stößt. Die Ursache dieser Erscheinung liegt darin, daß in erster Linie die Wasserteilchen, welche unter dem Einfluß der Saugung nahe der Rückseite der Flügel durch die Schraube gezogen werden, eine kräftige, zentrifugale Bewegungskomponente erhalten. Die Linien der stärksten Beschleunigungen verlaufen daher nicht genau in der Richtung der Schraubenwelle, sondern sind etwas gegen den Umfang der Schraube, nach außen gekehrt, während die Stelle der geringsten Geschwindigkeiten gerade gegenüber an der Außenseite des Wirbelringes liegen und zentripetal gerichtete Stromlinien aufweisen. Unter diesen Verhältnissen muß die Wirbelachse nicht nur nach hinten, sondern auch nach außen hin nachgeben. Es kommt noch hinzu, daß außerhalb der Schraube, von der Seite des eben bezeichneten zentripetalen Strömungsbogens fortwährend neue, indirekt bewegte Wassermengen in den Wirbelstrom eingeschoben werden, die nun gleichfalls zur Erweiterung des Wirbels beitragen.

Alle die Vorgänge sind aus den Figuren 9, 10, 15, 16 ersichtlich, welche den wandernden Wirbel und die gesamten Schraubenströmungen in der Seitenansicht zeigen. Während der dritten Umdrehung hat sich der Wirbel von der Schraube getrennt. Zwischen seinem, dem äußeren Umfange und der Peripherie der Schraube ist nun eine tiefe, ringförmige Lücke (Fig. 4 r) entstanden, in welcher das Wasser in eigenartiger Weise so bewegt



wird, daß es rings herumlaufend der Rotation der Flügelspitzen zu folgen scheint, und so wie ein Band den Hals des entstehenden Schraubenstrahles umfaßt und nach außen hin begrenzt.

Zum Verständnis dieses auf den ersten Blick sehr überraschenden Phänomens ist es nötig, zunächst einen Blick auf die Sogströmungen zu werfen, welche das Wasser in die Schraube führen. Die an einem festen Orte rotierende Schraube zieht das Wasser nicht geradlinig von vorn aus der Richtung ihrer Welle in sich hinein, sie saugt es aus dem ganzen Raum an, der

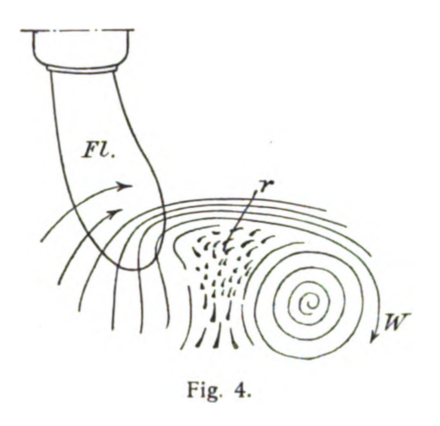


Fig. 4.

nach hinten durch die Rotationsebene der Schraube begrenzt wird. Die Druckminima liegen, wie bereits hervorgehoben, hinter den einschneidenden Flügelrändern und erreichen infolge der drehenden Bewegung ihren tiefsten und wirksamsten Stand unmittelbar hinter der Spitze der Flügel. Da somit von hier aus die stärkste Saugung erfolgen muß, so ist es zu verstehen, daß auch der Wasserzufluß aus den seitlichen Richtungen ein ergiebiger ist. An den Flügelspitzen strömt daher das Wasser nicht allein in radialer, zentripetaler Richtung gegen das Druckminimum, es wird auch noch über ihre Querebene hinaus von der Seite des Wirbelringes her energisch angezogen und abgelenkt. Diese äußersten Strahlen des Sogstromes sind es, die die vordere Begrenzung unseres „Halsbandstromes“ bilden. Aber die saugende Wirkung der Flügelspitze reicht noch über sie hinweg in das Halsband, das nach hinten zu unter dem in entgegengesetzter Richtung saugenden Einflusse des abziehenden Wirbelringes steht. Beide Sogwirkungen halten sich naturgemäß in einer gewissen Zone das Gleichgewicht; das Wasser kann hier weder zur Schraube, noch zum Wirbel fließen, wohl aber allen anderen, nicht

ausbalanzierten bewegenden Kräften folgen. Solche Kräfte sind die rotatorischen, die sowohl von der Schraube, wie vom Schraubenstrahl und dem damit verbundenen Wirbelringe ausgehen und in gleichem Sinne auf den Halsbandstrom einwirken.

Die so bedingte stationäre Ringströmung*) ist übrigens für das in ihr bewegte Wasser nur ein Durchgangsstadium. Durch die Reibung am Schraubenstrahl werden fortgesetzt die am tiefsten liegenden angrenzenden Wasserschichten nach hinten zu in spiralige Bahnen gelenkt und dem Strahle

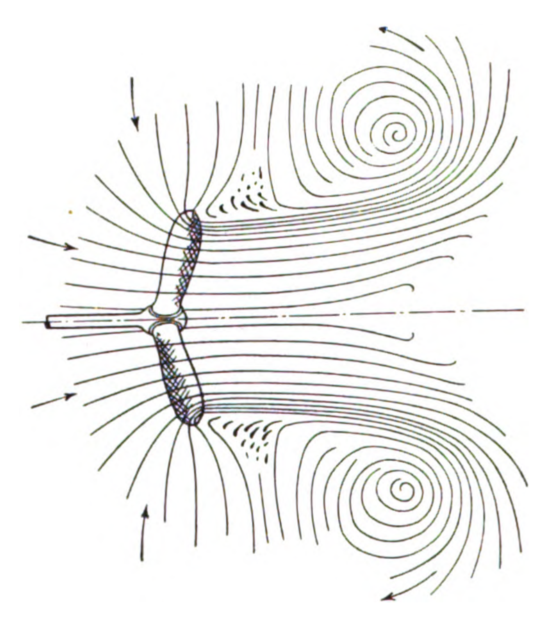


Fig. 5.

einverleibt; und dasselbe gilt für die Teile, die dem Wirbelringe zu nahe kommen. Der Ersatz der auf diese Weise entfernten Wassermassen geschieht durch radiales Zuströmen von außen her.

Am Ende der dritten Umdrehung hat der Wirbelring schon einen Abstand von der Schraube gewonnen, der nahezu dem Durchmesser derselben gleich kommt, und der Durchmesser seiner Rotationsachse hat sich verdoppelt.

*) Diese Ringströmung ist es offenbar von der Barnaby (Marine-Propellers, S. 42. 43) berichtet: „M. M. des Goffes and de George . . . say that the viscosity . . . of the water in which any helical propeller revolves, causes an appreciable current to be set in rotation just beyond the tips of the screw blades.“ Er beschreibt die turbinenartige Erfindung der Herren, durch welche der Ringstrom für den Vortrieb ausgenutzt wurde. Die Schrauben rotierten aber am Ort, ohne translatorische Bewegung. Ich kann hinzufügen, daß der Ringstrom bei fortschreitender Bewegung der Schraube sehr bald verschwindet, die Erfindung daher ohne praktischen Wert für den Schiffsantrieb ist.



Da nach weiteren Umdrehungen bei konstanter Umdrehungsgeschwindigkeit keine fernere Verschiebung des Wirbels eingetreten ist, so kann dieser Prozeß von jetzt ab als stationär angesehen werden. Der Wirbel nimmt aber inzwischen noch an Dicke zu und schafft dabei immer größere Wassermengen von seinem äußeren Umfange aus nach vorn, bis schließlich das ganze Wasser des Behälters in Zirkulation ist, und das vom Wirbel zurückgesandte Wasser zum Teil wieder von vorn her in die Schraube eintritt. Fig. 5 gibt im schematischen Längsschnitt eine Ansicht des Stromlinienverlaufes in der stationären Schraube, wie er sich nach dem Gesagten gestaltet.

Die ganze Entwickelung läßt sich sehr schön verfolgen, wenn man nur vor der Schraube das Wasser durch Sägespäne sichtbar macht und darauf Strahl und Wirbelring im klaren Wasser entstehen läßt. Auf diese Weise sind auch die klaren Photogramme zustande gekommen, die, wie Fig. 11, 12 und 13 den Wirbelring in der Frontalansicht von hinten gesehen zeigen, mit der kreisförmigen Schraubenscheibe im Hintergrunde. Im Stereoskop sieht man auf diesen Bildern den tiefen, trompetenförmigen Innenraum des Ringes, wie er sich als zentraler Kanal des Schraubenstrahles in die Tiefe streckt und durch die Endfläche der Welle abgeschlossen wird, während die zum Wirbel ziehenden inneren Stromlinien des Strahles seine äußeren Umgrenzungen bilden.

In dem Maße wie der Wirbelring nach hinten vorrückt, wird auch das Innenwasser mit kurzen, divergenten Stromlinien gleichförmig nach dieser Seite verdrängt und außerdem an der Grenzschicht durch Friktion an dem umgebenden Schraubenstrahl in Mitleidenschaft gezogen. So nimmt es vorn, im Grunde der Trompete, hinter der Nabe der Schraube, alsbald die hier herrschende kreisförmige Rotation an, um weiter nach hinten im Zentralkanal von den immer steiler werdenden Spiralen der inneren Strahllinien mitgerissen zu werden. Wenn dann der Wirbelring stationär geworden ist, so kann im Innern des Trichters durch eine langsame, gegen die Schraube gerichtete Bewegung der Ersatz des vom Strahle entführten Wassers bewirkt werden. Auf vielen Photogrammen erscheint die ganze Grenzschicht fein gekräuselt, dadurch, daß überall die innersten Stromlinien des Schraubenstrahles (resp. die mitgerissenen Teilchen des Innenwassers) mit zierlichen, hakenförmigen Spiralbogen nach innen einschwenken. (Fig. 11, 13.) In anderen Fällen biegen gleichzeitig die inneren Schichten des Strahles ringsum in den Innenraum und erzeugen so einen ringförmigen Wirbel, der dem Hauptring entgegengesetzt rotiert und so die Zufuhr des Wassers in das Innere des



Trichters vermittelt. In dem röhrenförmigen Zentralkanal kann der Ersatz durch Hereinziehen der inneren Strahlfäden geschehen, sodaß auch unmittelbar hinter der Nabe die dort kreisenden Wasserteilchen nach und nach durch andere verdrängt werden. Steigert man die Umdrehungszahl der Schraube, so wandert der Wirbelring ein entsprechendes Stück weiter nach hinten, und der geschlossene Stamm des Schraubenstrahles wird infolge des stärkeren Sogs vor der Schraube und der größeren inneren Beschleunigungen verlängert und am Grunde verengt. Andere qualitative und quantitative Änderungen im System der Schraubenwirkung finden dabei nicht statt.

Die Bewegung des Wassers durch den Arbeitsraum der Schraube macht in ihrem glatten und schönen Verlauf den Eindruck einer gleichförmigen und kontinuierlichen Kraftwirkung. Dies entspricht auch durchaus dem tatsächlichen, zur Drehung der Schraube verbrauchten Kraftaufwande. Andererseits ist es klar, daß die in einem gewissen Zeitmomente in die Schraube eintretenden Wasserteilchen oder Wasserfäden keineswegs unter gleichen Bedingungen die Schraube passieren.

Vorher schon haben sie durch die Saugung der Schraube eine nach Richtung und Größe ungleiche Beschleunigung erfahren. In unseren Photogrammen (Fig. 9 und 10) ist die Wirkung des Sogs symmetrisch, rechts wie links, aber nicht oben wie unten, da der Konvergenzpunkt der Soglinien stets unterhalb der Schraubenwelle liegt. Die Ursache dieser Verschiedenheit in der Schwerkraftrichtung mag zum Teil in der schwachen, sinkenden Bewegung der Sägespänchen liegen, zum größeren Teil aber glaube ich dafür die Nähe des Kastenbodens verantwortlich machen zu sollen, da die Schraube der unteren Wassergrenze bis auf 15 cm genähert werden mußte. Wenn dies richtig ist, was sich durch Wiederholung des Versuches in einem größeren Wasserbehälter zeigen muß, so beweisen unsere Photogramme, daß in der Nähe des Bodens der Zufluß des Wassers zur Schraube erschwert ist und daß daher bei der Drehung jedesmal der untere Schraubenflügel die größte Arbeit zu leisten hat.*) Wir wollen daher annehmen, daß im hinreichend tiefen Wasser die Sogströmung allseitig symmetrisch zur Schraubenwelle erfolgt, aber in den verschiedenen radialen Abständen mit ungleicher Geschwindigkeit und Richtung.

Die Wirkung der Flügel wird nun eine völlig kontinuierliche und gleichförmige sein, aber sie wird sich an den Stromfäden, welche im Moment ihres

*) Das wäre gerade umgekehrt wie bei seegehenden Schiffen, wo wegen des oben größeren Nachlaufes der obere Flügel am stärksten beansprucht wird.



Eintrittes in den Schraubenraum gerade auf die Schneide der Flügel gerichtet waren, anders äußern, wie an den Stromteilen, die dann in der Mitte zwischen zwei Flügeln eintreffen. Das Wasser, das nahe der Druckseite eines Flügels nach hinten fortgeschoben wird, steht unter anderer Wirkung, als das in der nächsten Nachbarschaft der saugenden Gegenseite; oder wenn wir uns den entstehenden Schraubenstrahl durch die vier Flügel in ebensoviele Stränge geteilt denken, so wird das Wasser eines solchen Stranges an der Sogseite des vorangehenden Flügels anders beeinflußt werden, wie an der Druckseite des nachfolgenden.

Dieser Unterschied tritt am schärfsten in den ersten Stadien der Bewegung hervor. Da zeigt sich an günstigen Photogrammen (Fig. 8) von der Sogseite der Schraube, wie alles in dieselbe eintretende Wasser zunächst ausschließlich unter dem saugenden Einfluß der Flügel steht und wie daher sämtliche Stromlinien gegen die Rückseite der Flügel gerichtet sind. Jeder Flügel lenkt den vierten Teil der zuströmenden Wassermasse auf sich; aber die vier Teilungslinien (Fig. 6 a) fallen dabei nicht mit dem einschneidenden Flügelrande zusammen, sondern eilen diesem um etwa 30 ° vorauf, sodaß aus

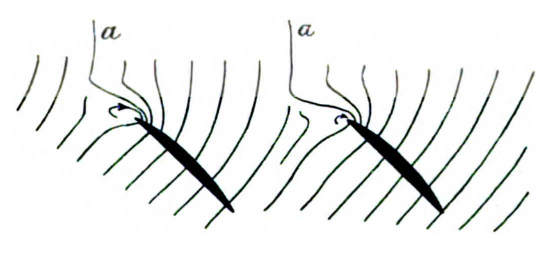


Fig. 6.

diesem vorwärts vom Flügel liegenden Sektor das Wasser dem herankommenden Flügel entgegenfließt, während in dem voraufgehenden Sektor das Wasser der Rückseite des vorangehenden Flügels nachströmt.

Die S-förmigen Stromlinien am Vorderrande des Flügels kommen dadurch zu Stande, daß die erzeugenden Sägespänchen zu Beginn der Blitzlichtexplosion noch unter dem Einfluß des voraufgehenden Flügels standen, dann aber noch nicht genügend beschleunigt waren, um folgen zu können, und so zurückbleibend in den Anziehungsbereich des folgenden Flügels gerieten. Die Teilchen, die nur wenig früher an derselben Stelle in die Schraube eingetreten waren, werden zwar nicht mehr von der Saugung des Folgeflügels erreicht, bleiben aber doch auch soweit hinter dem Vorflügel zurück, daß sie von der nachfolgenden Druckfläche des ersteren nach hinten gedrängt und abgelenkt werden.

Bei zunehmender Umdrehungsgeschwindigkeit rücken die vier Trennungslinien des Sogstromes näher an die Schneiden der nachfolgenden Flügel, aber die S-Form der Stromlinien bleibt erhalten und ist in den Photogrammen überall, wenn auch in schlankeren Formen, nachzuweisen (Fig. 14). Betrachtet man den Sogstrom statt von vorn, in der Seitenansicht, so erscheinen die hakenförmig gebogenen Stromlinien vor der Flügelkante in perspektivischer Verkürzung, als würden sie von dem vorübergehenden Flügel plötzlich in ihrer Bewegung angehalten, während sie in Wirklichkeit, wenn auch in anderer Richtung, durch das vorüberziehende Druckminimum stark beschleunigt werden.

Wenn so die Linien des Sogstromes bei ihrem Eintritt in den Schraubenraum in verschiedener Weise gelenkt und bewegt werden, so erfahren sie zwar auch bei dem Durchschreiten dieses Raumes eine ungleiche Einwirkung von der Druckseite der Flügel, je nach ihrer Lage im Strange, aber im ganzen betrachtet, fließt doch das Wasser auf so glatten und anscheinend störungsfreien Bahnen durch die Schraube, wie wenn das intermittierende Vorüberziehen und Hindurchschneiden der vier Flügel ohne Einfluß wäre und eine völlig kontinuierliche Wirkung vorläge. Die Hauptwirkung des Schraubendruckes also, durch die der dynamische Minderdruck des Sogstromes mindestens wieder auf die Höhe des ursprünglichen, im umgebenden Wasser vorhandenen gebracht wird, hinterläßt somit bei diesem Propeller keine besonders bemerkbaren Spuren im System der Stromlinien.

Durch die Rotation der Schraube erhalten die Stromlinien im Schraubenstrahl eine spiralige Form (Fig. 11, 12 und 13), und die Spiralen erscheinen um so steiler, je größer die Strömungsgeschwindigkeit ist. Wenn wir daher annehmen können, daß im ganzen alle Teile des Strahles mit der gleichen Winkelgeschwindigkeit rotieren, so kommt doch durch die ungleiche achsiale Beschleunigung eine gewisse Verschiedenheit in den Gang der Bewegungen, die Beachtung verdient. Dies zeigt sich in den steiler werdenden Spirallinien des Wirbelringes als eine Folge der Zunahme in der Umdrehungsgeschwindigkeit des Propellers; dann aber auch durch Unterschiede im Strahle selbst. Die Stromlinien, welche von der Mitte und der peripherischen Hälfte der Schraubenflügel beeinflußt werden, beschreiben steilere Spiralen, als die mehr basalen, welche dem Zentralkanal benachbart sind, steilere auch, als die Wasserteile, die durch Friktion nahe hinter der Schraube dem Strahle zugesellt werden und bei der Bildung des ringförmigen „Halsbandstromes“ beteiligt sind.

Strömungen an der Schiffsschraube.

(Stereoskopbilder.)

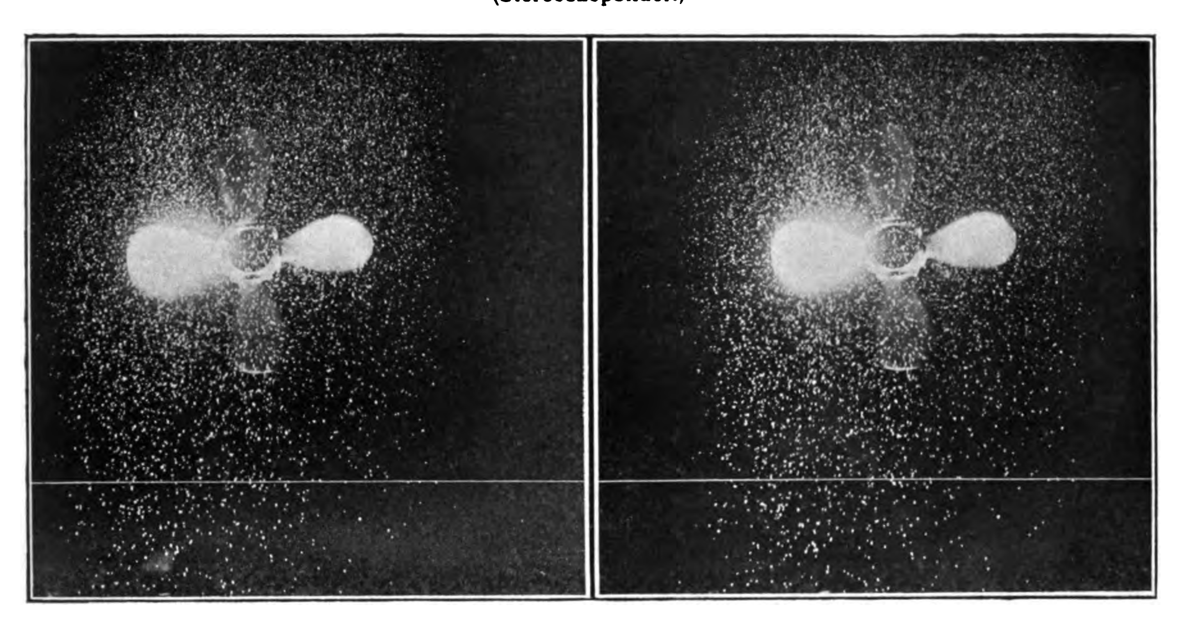


Fig. 7.

Druckseite, $^1/_{32}$ Umdrehung.

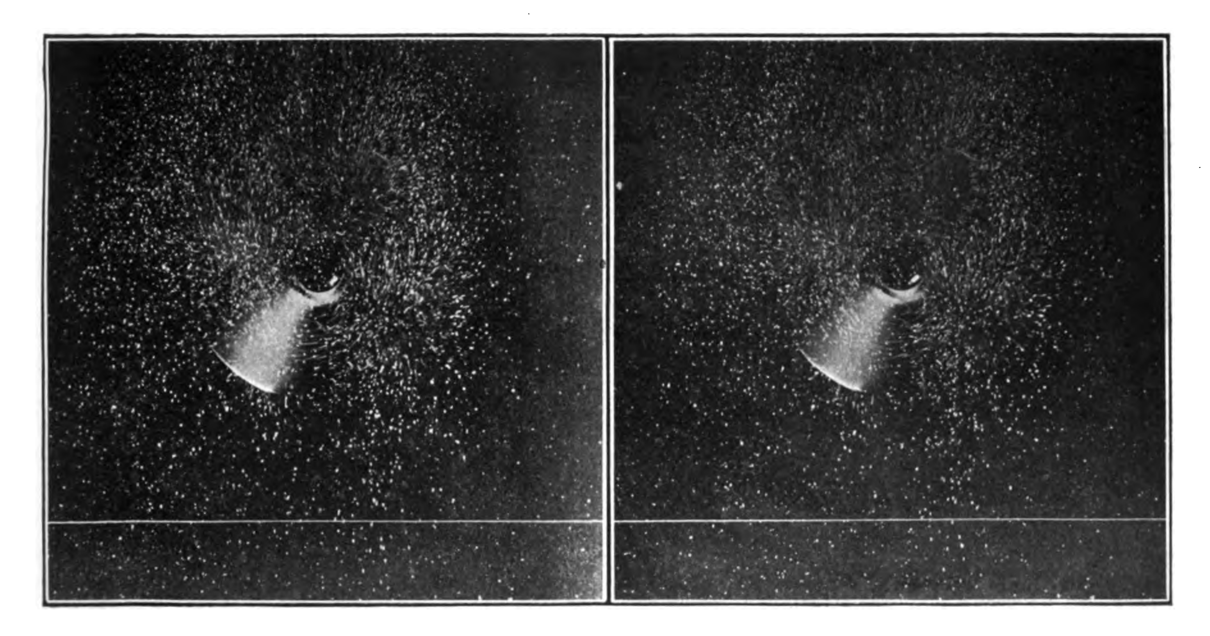


Fig. 8.

Sogseite, $^1/_{16}$ Umdrehung.

Strömungen an der Schiffsschraube.

(Stereoskopbilder.)

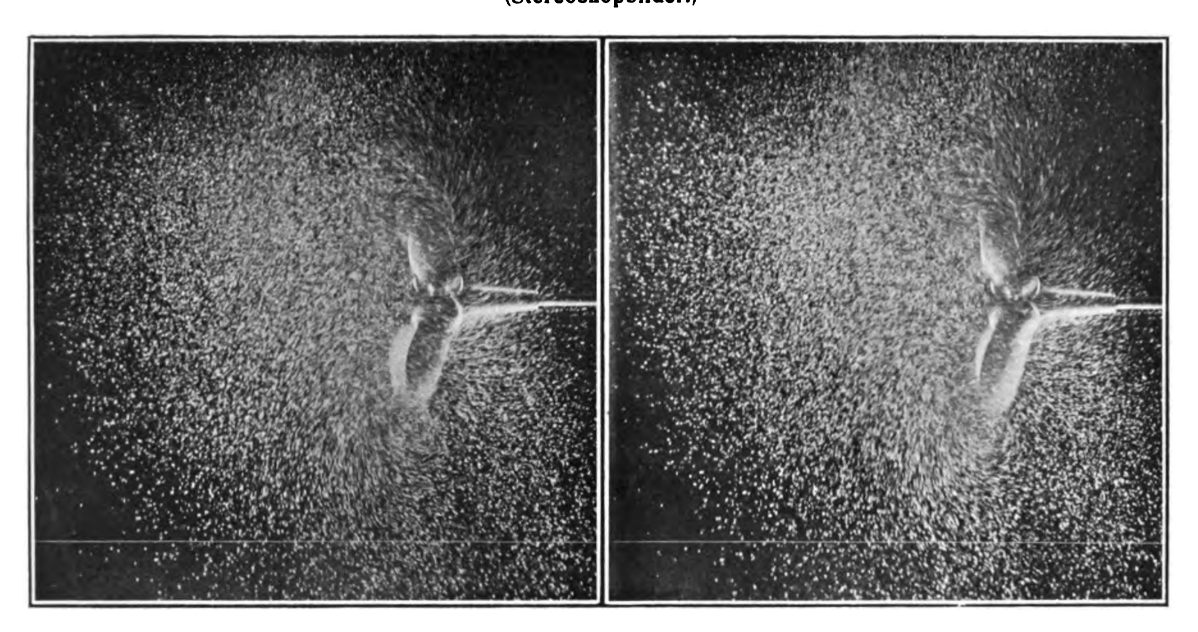


Fig. 9.

Längsansicht, $^1/_2$ Umdrehung.

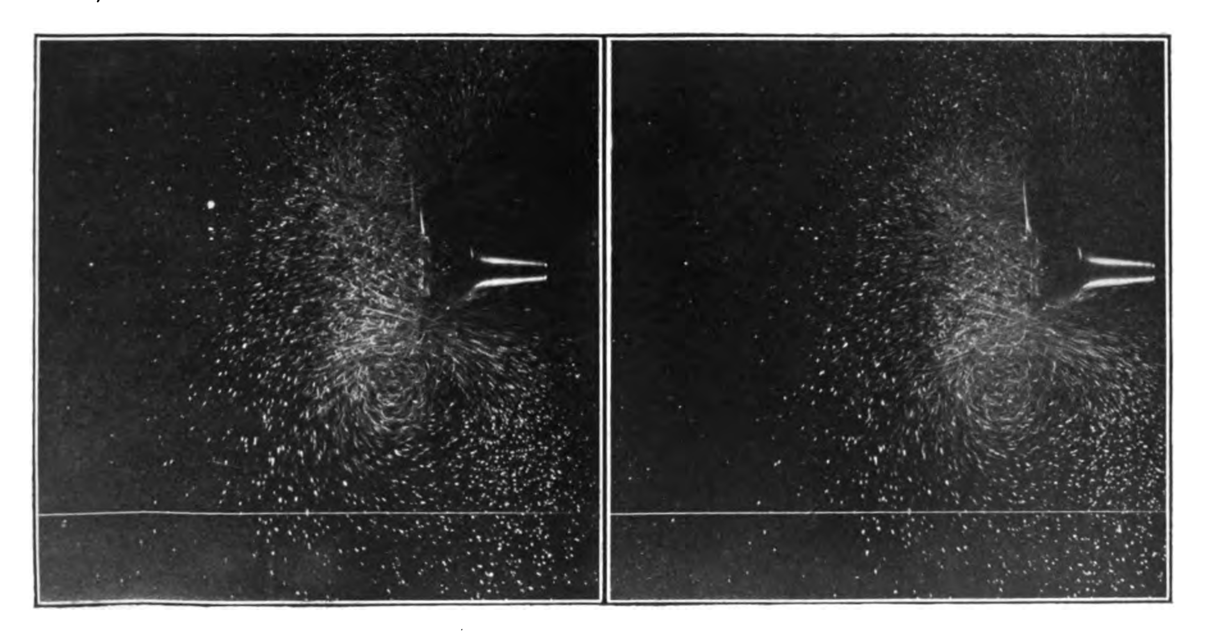


Fig. 10.

Längsansicht, 1 Umdrehung.

Seite 96 b.

Strömungen an der Schiffsschraube.

(Stereoskopbilder.)

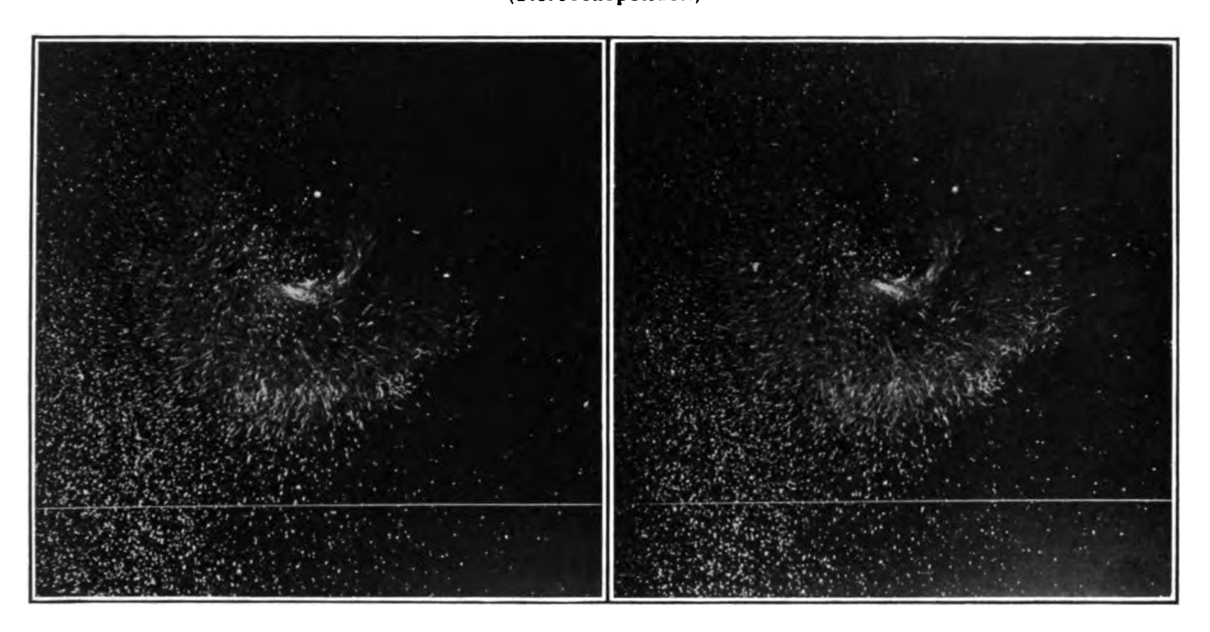


Fig. 11.

Druckseite, 1 Umdrehung.

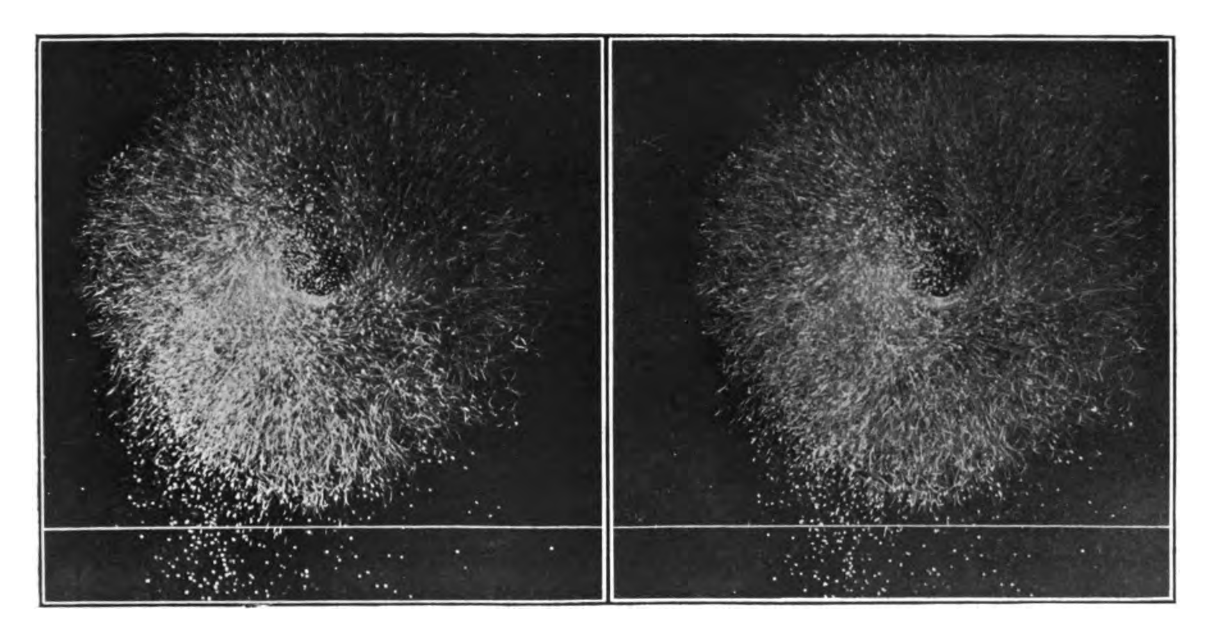


Fig. 12.

Druckseite, $2^1/_2$ Umdrehungen.

Strömungen an der Schiffsschraube.

(Stereoskopbilder.)

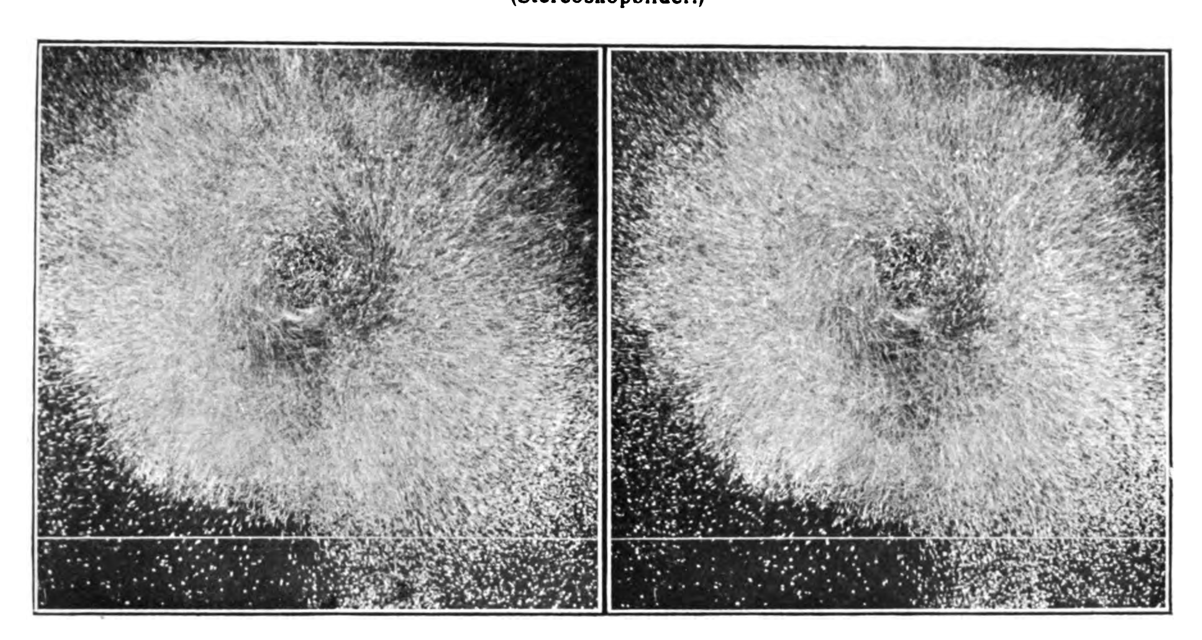


Fig. 13.

Druckseite, 4 Umdrehungen.

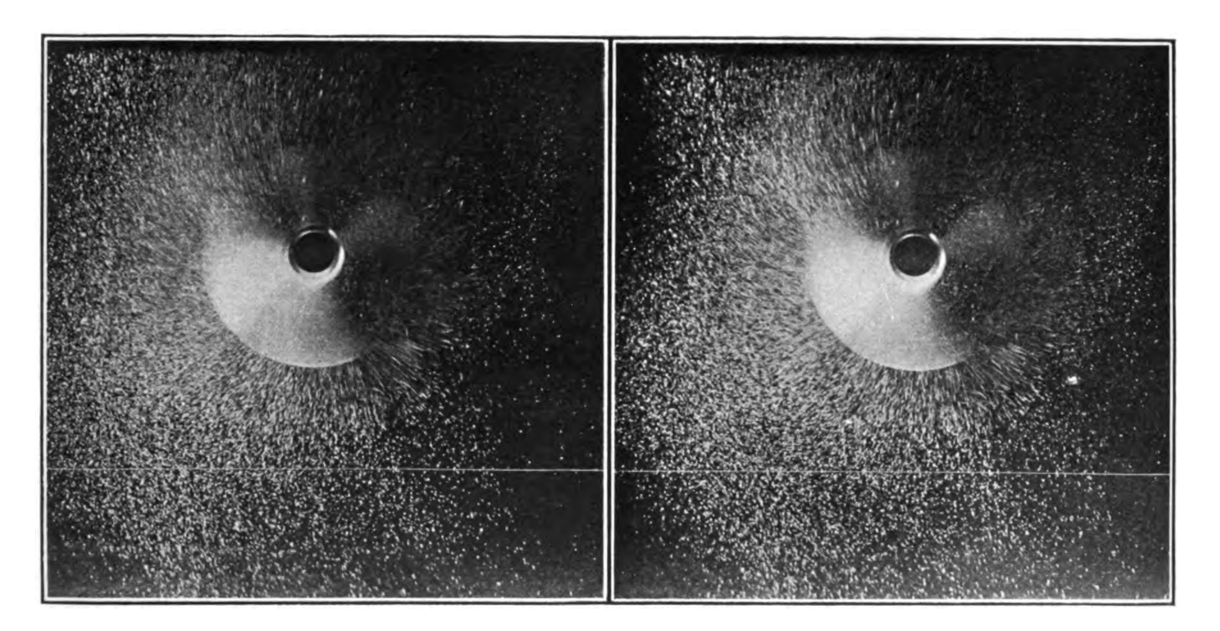


Fig. 14.

Sogseite, 1 Umdrehung.

Strömungen an der Schiffsschraube.

(Stereoskopbilder.)

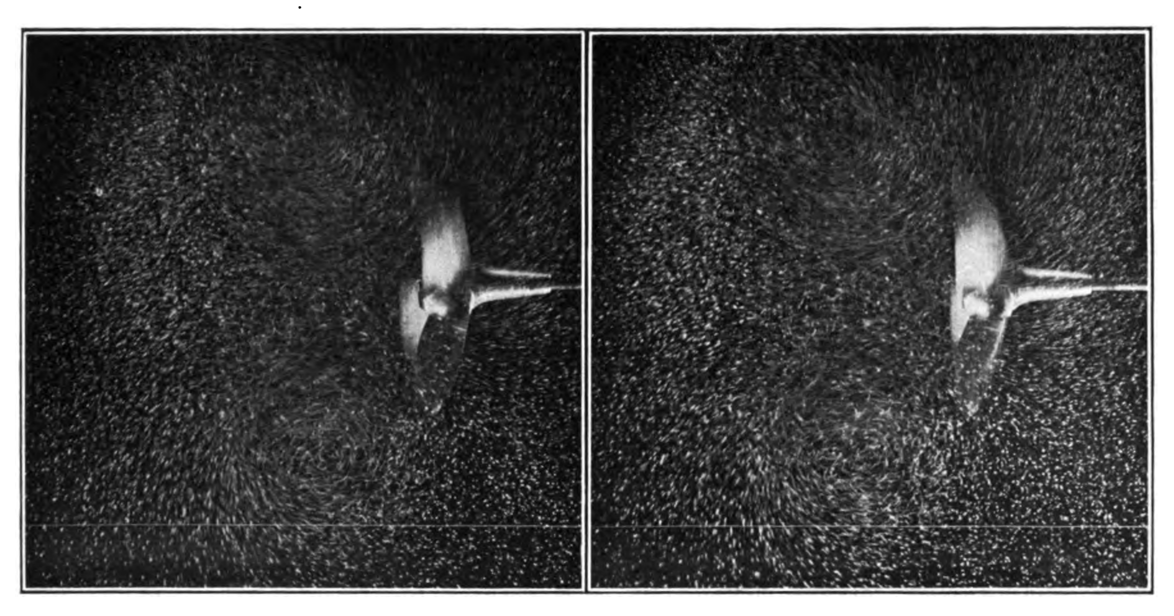


Fig. 15.

Längsansicht, 2 Umdrehungen.

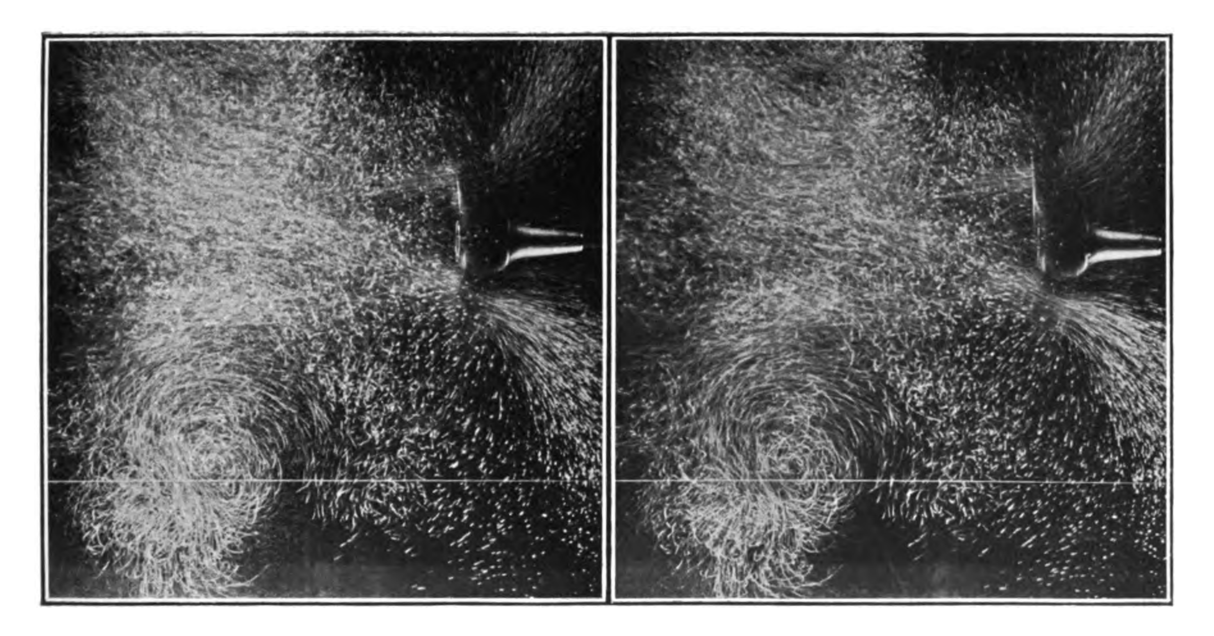


Fig. 16.

Längsansicht, voller Strahl, ca. 4—5 Umdrehungen.

Die Zeit gestattet nicht, heute noch das Kapitel über die Strömungen an einer im Wasser fortschreitenden Schraube anzuschneiden. Ich hoffe, darüber im nächsten Jahre weitere Mitteilungen machen zu können.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, zum Schluß unserm verehrten Vorsitzenden, Herrn Geheimrat Busley, meinen Dank auszusprechen für die Freundlichkeit, mit der er sowohl im Vorstande unserer Gesellschaft wie namentlich auch im Kuratorium der Jubiläums-Stiftung der deutschen Industrie dafür eingetreten ist, daß mir die zur Ausführung der zeitraubenden und kostspieligen Versuche erforderlichen Mittel bewilligt wurden. Ich möchte auch nicht verfehlen, an dieser Stelle der Oberschulbehörde in Hamburg für die teilweise Entlastung von amtlichen Verpflichtungen meinen ehrerbietigen Dank auszusprechen, weil mir dadurch erst die Möglichkeit zur Weiterarbeit auf diesem, die Schiffahrt so nahe berührenden Gebiete gegeben wurde.

Zu ganz besonderem Danke endlich fühle ich mich Herrn Dr. Max Wagner verpflichtet, der nicht nur die heutigen Projektionen geleitet hat, sondern der mir auch, wie in früheren Jahren, jederzeit bereitwilligst bei allen experimentellen Arbeiten mit Rat und Tat zur Seite stand.

Meine Herrn! Ich kann es nicht unterlassen, immer wieder darauf hinzuweisen, daß die Wiederholung und systematische Erweiterung dieser Arbeiten, wenn sie für Schiffbau und Schiffahrt den erstrebten praktischen Nutzen erzielen sollen, in weit größeren Dimensionen erfolgen muß, als es bisher möglich war. Es handelt sich dabei nicht allein um das Problem der Schiffspropeller mit allen Komplikationen, die sich aus der Nähe des Schiffskörpers, der Wassertiefe und der Form der verfügbaren Antriebskräfte ergeben; wir haben keine zureichende Kenntnis von dem Verlaufe der Strömungen am Schiffskörper und ihrem Verhältnis zum Schiffswiderstande; das Problem der Schiffssteuerung bedarf weiterer, experimenteller Prüfung; und wo immer ein fester Körper durch das Wasser bewegt werden soll, oder das Wasser in festen Umgrenzungen zu leiten ist, treten technische und wissenschaftliche Fragen auf, die der experimentellen Prüfung bedürfen. Dazu kommt das ganze weite Gebiet der Aërodynamik, die Fragen des Luftwiderstandes an Segeln, Schiffsaufbauten, Motoren, Luftschiffen usw., überall drängt die Technik nach gründlichen, wissenschaftlichen Untersuchungen.

Für alle diese und zahlreiche andere einschlägige Aufgaben fehlt uns in Deutschland eine mit den nötigen Hilfsmitteln ausgestattete Arbeitsstätte. Die vorhandenen Schiffsversuchsanstalten sind viel zu sehr mit technischen

Prüfungen belastet, um für weitergehende Untersuchungen allgemeiner Art die nötige Zeit zu haben. Der Zustand aber, daß wir in allen diesen Dingen großenteils auf ausländische Originalarbeiten angewiesen sind, ist auf die Dauer unhaltbar und entspricht nicht dem Geiste deutscher Wissenschaft.

Daher meine ich, daß wir in Deutschland, ähnlich wie es jetzt in England geplant wird, ein Institut schaffen müssen, das ausschließlich für die allgemeinen, technisch wissenschaftlichen Arbeiten auf diesen Gebieten eingerichtet und bestimmt ist. Daß dafür Hamburg der geeignetste Ort ist, brauche ich nicht näher auszuführen. Neben den zahlreichen, glänzend ausgestatteten wissenschaftlichen Instituten aller Art, die dort mit reichen Mitteln unterhalten werden, würde die geplante hydrodynamische Versuchsanstalt mit ihren engen Beziehungen zu Schiffahrt und Schiffbau dem Charakter Hamburgs als der ersten Seestadt des Kontinents durchaus angemessen sein.

Wenn durch die heutige Verhandlung die objektive Meinung der Schiffbautechnischen Gesellschaft über die Notwendigkeit und Zweckmäßigkeit eines solchen Instituts zum Ausdruck gebracht würde, so würde dies für den Gang der weiteren Unterhandlungen mit den entscheidenden Instanzen sicherlich von hohem Werte sein und, wie ich glaube, der schiffbautechnischen Wissenschaft zum Nutzen gereichen.

Diskussion.

Herr Professor Schütte-Danzig:

Zweifellos sind die Versuche, die Herr Professor Dr. Ahlborn im vorigen und in diesem Jahre gemacht hat, sehr interessant. Sie werden auch dazu beitragen, über die Wirbel- und Wellenbildungen, die bei einem Schiffe, bei einem im Wasser bewegten Körper entstehen, Aufklärung zu geben.

Der Herr Vortragende hat während seiner Ausführungen sehr oft von den Strömungsverhältnissen, von „Stromlinien“ geredet. Meine Herren, ich glaube, es ist die höchste Zeit, daß endlich einmal mit der sogenannten Stromlinientheorie gebrochen wird, und es wäre schade, wenn dieser Vortrag uns in dieser Theorie bestärken sollte.

Es ist ein großer Unterschied, ob ein Schiff durch irgend ein Treibmittel durch das Wasser getrieben wird, oder ob das Schiff festliegt und das Wasser um dasselbe herumfließt. Ein Schiff, welches z. B. in einem Strome, dessen Geschwindigkeit 3 Seemeilen beträgt, vor Anker liegt, wird in den Ankerketten eine Zugkraft besitzen, die nicht gleich ist derjenigen Kraft, welche erforderlich wäre, um das Schiff in ruhigem Wasser mit 3 Meilen vorwärts zu treiben, ganz abgesehen von den Verlusten in den Treibmitteln.



Es wäre außerordentlich interessant, die Versuche, welche der Herr Vortragende mit großem Fleiße ausgeführt hat, auf größere Platten bezw. bewegte Körper zu übertragen. Ich glaube nicht, daß dann dieselben Erscheinungen auftreten werden, welche Herr Professor Dr. Ahlborn bei seinen Versuchen mit diesen winzigen Körpern durch die Photographie festlegen konnte.

Ich stütze diese meine Behauptungen auf meine mehrjährige Praxis in der Versuchsstation des Norddeutschen Lloyd, in der ebenfalls zahllose Photographien und Beobachtungen angestellt worden sind und noch angestellt werden. Würde z. B. eine nur 1 qm große Platte mit einer Geschwindigkeit von nur 1 m vertikal zur Bewegungsrichtung durch das Wasser geschleppt werden, so könnte von einer gewissen gesetzmäßigen, regelmäßigen Wirbelbildung, von der Bildung einer bestimmten Niveaufläche, keine Rede mehr sein. Deshalb auch befürchte ich, daß die Darstellungen des Herrn Professor Dr. Ahlborn leicht zu Trugschlüssen führen können.

Es ist versucht worden, vermittelst der Photographie und des Stereoskops jedes subjektive Moment auszuschalten und der Herr Vortragende meint, daß die vorliegende Aufgabe als vollkommen gelöst bezeichnet werden kann.

Meine Herren, was besagt überhaupt das mit so großer Vorliebe und so oft gebrauchte Schlagwort „objektiv"? Sicher ist die Photographie an sich eine objektive Darstellung, aber ihr Wert wird durch die subjektive Betrachtung abgeschwächt; denn ich glaube kaum, daß Schlußfolgerungen aus Photographien gemacht werden können, ohne daß die geringste Subjektivität des Beobachters, die wiederum eine Folge seiner theoretischen und praktischen Anschauungen ist, vorhanden wäre. — Obgleich zugegeben werden muß, daß das Photogramm ein ganz vorzügliches Hilfsmittel bei allen Versuchen ist, so muß man sich doch bei der Betrachtung der während des Experimentierens gewonnenen Photographien sämtliche Nebenumstände ins Gedächtnis zurückrufen können, die vor, während und nach dem Moment des Photographierens eingetreten sind, denn sonst können gerade die Photographien zu merkwürdigen Schlüssen die Veranlassung sein. Ein solcher Trugschluß scheint Herrn Professor Dr. Ahlborn bei den Schraubenversuchen unterlaufen zu sein. Denn wenn er sagt, daß bei einer Schraube, wie sie von ihm benutzt wurde, das Wasser strahlenförmig in die Schraube hineingezogen wird, so ist das nicht richtig.

Bei allen Schrauben mit konstanter Steigung, bei denen also der Steigungswinkel nach der Nabe hin zunimmt, wird das Wasser nicht zentripetal, sondern zentrifugal in der Schraube bewegt. Darüber habe ich eine große Reihe von Versuchen gemacht, indem ich achsial durch eine hohle Welle Luft in den Wirkungsbereich der Schraube treten ließ. Nur bei Schrauben mit konstantem Steigungswinkel, die also eine radial veränderliche Steigung, von der Nabe nach dem Umfange zunehmend, haben, wird das Wasser zentripetal in die Schraube gezogen. Auch hierüber habe ich seiner Zeit in der Versuchsstation des Norddeutschen Lloyd Versuche angestellt, die diese meine Behauptungen voll und ganz bestätigen.

Für uns Schiffbauer sollte es vor allen Dingen darauf ankommen, daß die Froudesche Widerstandstheorie auf ihre Richtigkeit hin geprüft und weiter ausgebildet wird. Meine Herren, ich glaube kaum, daß es je einen Gelehrten geben wird, der Ihnen auf rein theoretischer Basis den wellen- und wirbelbildenden Widerstand errechnet, wie er bei geometrisch so komplizierten Körpern auftritt, wie sie das Schiff und seine Treibmittel sind. Das auch haben die beiden Froudes, die vor langen Jahren schon ganz ähnliche und gleiche Versuche gemacht haben, wie sie uns jetzt Herr Professor Dr. Ahlborn vorführt, schon damals richtig erkannt. Um die Klippe zu umgehen, die sich dem Schiffbauer bei der Errechnung des Schiffswiderstandes durch die Errechnung des wellen- und wirbelbildenden Widerstandes darbietet, haben die beiden Froudes diesen Widerstand als den sogenannten Restwiderstand ermittelt,

d. h. durch Abzug des Reibungswiderstandes, der ja zweifellos wellen- und wirbelbildenden Widerstand zur Folge hat, von dem Gesamtwiderstande.

Wenn das Newtonsche Ähnlichkeitsgesetz, wie es von Froude bei der Errechnung seines Schiffswiderstandes angewendet wird, heute nicht mehr für alle Schiffe stimmt, so liegt das in der falschen Ermittelung des Reibungswiderstandes, der nicht mit einer konstanten Potenz der Geschwindigkeit, sondern mit einer variablen Potenz wächst.

Demzufolge möchte ich Herrn Professor Dr. Ahlborn bitten, in Zukunft sein Augenmerk vornehmlich auf die genaue Ermittelung des Reibungswiderstandes zu richten und uns zu helfen, die Froudesche Widerstandstheorie, die bis heute zweifellos die beste aller Schiffswiderstandstheorien ist, mehr und mehr zu vervollkommnen.

Herr Marinebaumeister Dix-Berlin:

Zweifellos hat uns der Vortrag des Herrn Professor Dr. Ahlborn viel Interessantes, wenn auch nicht viel Neues für den Fachmann gebracht. Der Herr Vortragende hat uns die photographischen Ergebnisse seiner Versuche im Laboratorium vorgeführt. Er hat das Bild der Wirbel- und Wellenerscheinung fixiert, die beim Schleppen verschiedentlich geformter Körper im Wasser auftreten. Das ist meiner Überzeugung nach aber auch der einzige Wert, den die hier besprochenen Versuche haben. Vergessen wir nicht, das lange bevor Froude seine Versuche anstellte, ähnliche Untersuchungen, wie hier vorgeführt, das heißt, daß Versuche mit kleinen Modellen in kleinem Maßstabe bereits Ende des 18. Jahrhunderts auf Veranlassung der französischen Akademie der Wissenschaften ausgeführt wurden. Nur kam es bei diesen Versuchen in erster Linie darauf an, die Größe des Widerstandes zu bestimmen. Wenn wir die Werke über diese Versuche nachschlagen, werden wir fast dieselben Skizzen finden, die Herr Professor Dr. Ahlborn uns auf Grund seiner Photographien gegeben hat über die Wirbel- und Wellenerscheinung bei Platten, die senkrecht zur Fahrtrichtung standen.

Leider sind infolge des großen Erfolges der Froudeschen Arbeiten alle jene systematischen Versuche mit verschieden gestalteten Körpern zur Untersuchung und Aufstellung eines allgemein gültigen Widerstandsgesetzes in den Hintergrund getreten und es wäre daher mit Freuden zu begrüßen, wenn wir die wissenschaftlichen Untersuchungen in dieser Richtung wieder aufnehmen, wenn wir nicht nur — was ja allerdings die Hauptsache ist — die auftretenden Kräfte bei verschiedenen Geschwindigkeiten messen, sondern auch die Wirbel- und Wellenbildung photographisch fixieren. Diese Untersuchungen wären auf alle die Körper auszudehnen, welche die französischen Gelehrten untersucht haben.

Wir können meiner Meinung nach diese Versuche sehr wohl in den augenblicklich vorhandenen Untersuchungsanstalten erledigen, vor allen Dingen dann, wenn die Anstalten zusammenarbeiten. Es ist nicht richtig, wenn Herr Professor Dr. Ahlborn annimmt, daß alle drei Anstalten augenblicklich mit Arbeiten so überlastet sind, daß sie keine Zeit haben, wissenschaftliche Versuche durchzuführen. Wenn ich von der Königlichen Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau sprechen darf, so haben wir uns bereits vor einigen Monaten ein umfangreiches wissenschaftliches Programm genehmigen lassen, in dessen teilweise Erledigung wir schon eingetreten sind, und ähnlich wird es wohl in Ubigau und auch in Bremerhaven sein. Wenn diese drei Anstalten zusammenarbeiten, so ist es sehr wohl möglich, daß diese gemeinsamen wissenschaftlichen Arbeiten, in großem Umfange durchgeführt, zu einem erfreulichen Ziele führen werden.

Auch wir haben uns von Anbeginn mit der Frage der Nutzbarmachung der Photographie für unsere Zwecke beschäftigt. Allerdings, das gebe ich Herrn Professor Dr. Ahlborn zu, leicht wird es nicht sein, so scharfe photographische Aufnahmen für Unterwasserkörper zu erhalten, wie er sie uns soeben vorführte. Wir haben mit sehr großen Bassins zu rechnen.





In Berlin z. B. haben wir ein 10,5 m breites Bassin. Durch eine 4—5 m dicke Wasserwand hindurchzuphotographieren wird mit großen Schwierigkeiten verbunden sein.

Jedoch auch in dieser Richtung liegen bereits Ergebnisse vor, Herr Direktor Masing ist vielleicht so liebenswürdig, uns näheres mitzuteilen über die photographischen Versuche, die er im Übigauer Bassin angestellt hat.

Jedenfalls möchte ich der Hoffnung Ausdruck geben, daß es gemeinsamer Arbeit gelingen wird, die mannigfachen und großen Probleme aufzuklären, die augenblicklich noch auf dem Gebiete des Schiffswiderstandes der Lösung harren.

Herr Geheimer Marine-Oberbaurat Rudloff-Berlin:

Herr Professor Dr. Ahlborn hat in seinen Schlußfolgerungen uns empfohlen, die Plattenkanten wegzulassen. Meine Herren, die haben wir in diesem Sinne garnicht. Das hat der Herr Professor wohl mißverstanden. Die Plattenkanten verlaufen in der Längsrichtung des Schiffes.

Herr Ingenieur Gümbel-Hamburg:

Herr Professor Dr. Ahlborn hat in seinen ganz wundervollen Untersuchungen hervorgehoben, daß über die numerische Größe des Wasserwiderstandes seine Versuche Aufschluß nicht geben.

Nun hat Herr Professor Dr. Ahlborn im vorigen Jahre in der Schiffbautechnischen Gesellschaft bereits ein Verfahren gezeigt, wie der Widerstand in außerordentlich einfacher Weise beurteilt werden kann. Er hat das schwierige Problem des Wasserwiderstandes von Platten in eine statische Aufgabe verwandelt, indem er die Staukurven des Wassers auf der Vorderseite der Platte und auf der Hinterseite der Platte abzeichnete und in der Differenz beider Druckflächen ein Mittel angab, um den Wasserwiderstand zu bestimmen.

Ich möchte Herrn Professor Dr. Ahlborn fragen, ob er dieses Verfahren auch bereits auf schiffsförmige Körper ausgedehnt hat, und meine, daß nach dieser Richtung gerade die hier gezeigten, schönen Versuche von Bedeutung werden könnten.

Herr Professor Dr. Lorenz-Danzig:

Ich möchte auf einen Punkt hinweisen, den Herr Professor Schütte hervorgehoben hat, und der scheinbar im Widerspruch steht zu den Ausführungen des Herrn Vortragenden. Herr Professor Schütte meinte eben, daß es wesentlich mehr Wert hat, auf die Reibung zu achten als auf die Stromlinien. Ich möchte darauf hinweisen, daß gerade da, wo Reibung auftritt, Wirbel sich bilden, daß also die Frage der Wirbel und die Frage der Reibungen stets zusammenfällt.

Die Stromlinientheorie, die ja zurückgeht auf Kirchhoff und Helmholtz, lehrt, daß bei kleinen Geschwindigkeiten ausgesprochene Stromlinien entstehen. Steigert man die Geschwindigkeit etwas mehr, so bilden sich Wirbel heraus, und diese Wirbel zerstören zuletzt die Stromlinie gänzlich, sodaß die Stromlinientheorie im Schiffbau immer mehr zurückgetreten ist. Also die Frage der Reibung und die Frage der Wirbelbildung ist eigentlich vollkommen identisch, sodaß nach dieser Richtung ein Widerspruch zwischen Herrn Schütte und Herrn Ahlborn nicht existiert. Eine zahlenmäßige Ermittelung der durch Wirbelbildung verloren gehenden Energie ist sehr schwierig; wir haben auch gar keine Methode, dieselbe direkt zu messen, bezw. von anderen Verlusten, die im Schiffswiderstande stecken, zu trennen.

Herr Geheimrat Busley-Berlin:

Ich muß mich mit Bezug auf die Darstellung der Wasserbewegung in den Schiffs-



schrauben auf die Seite des Herrn Professor Dr. Ahlborn stellen. Wir haben schon seit den 40er Jahren des vorigen Jahrhunderts Versuche mit Schiffsschrauben angestellt und noch immer ist die Theorie der Schiffsschraube, wenigstens eine korrekte Theorie, in weiter Ferne.

Es ist Herrn Professor Dr. Ahlborn der Vorwurf gemacht, daß er seine Beobachtungen an eine feststehende Schraube knüpfte. Man läßt hierbei aber ganz außer Acht, daß er doch erst im Anfange dieser Art der Untersuchungen steht, und daß er dieselben mit der Vervollkommnung seiner Apparate zweifellos auch auf bewegliche Schrauben ausdehnen, später vielleicht auch allmählich von den Versuchen mit kleinen Schrauben zu solchen mit größeren Schrauben übergehen wird. Durch die ganze Literatur über Versuche mit Schraubenpropellern geht immer die Klage über die großen Schwierigkeiten und die hohen Kosten derselben, ganz abgesehen von dem bedeutenden Zeitaufwande, den man daran verschwenden mußte.

Kein geringerer als der Prince Consort, der Gemahl der Königin Victoria, hat die erste Anregung zu Versuchen mit Schiffsschrauben gegeben. Sie begannen schon im Jahre 1843 und dauerten bis 1845. Damals wurde auf seine Anregung die englische Korvette „Ratler" lediglich für Schraubenversuche in Dienst gestellt, welcher 1845 „Dwarf" und 1847 bis 1848 „Minx" folgten. Die hierbei erzielten Resultate hat John Bourne in der 1852 erschienenen ersten Auflage seines grundlegenden Werkes: „A treatise on the screw-propeller" erschöpfend behandelt und darauf aufmerksam gemacht, daß der Prinz-Gemahl schon damals von der Überzeugung durchdrungen gewesen ist, der Schraubenpropeller würde der Träger für die Schiffahrt der Zukunft werden, was sich bis heute vollständig bewahrheitet hat. Nach den vorgenannten Versuchen in England sind in den Jahren 1847 und 1848 in Frankreich von dem Leutnant Bourgois und dem Ingenieur Moll auf dem Aviso „Pelican" ebenfalls sehr eingehende Versuche mit Schiffsschrauben angestellt, die in den Jahren 1858 bis 1861 durch die Ingenieure Guéde und Jay auf dem Schlepper „Élorn" zur Kontrolle nochmals wiederholt wurden. Nach diesen, den umfassendsten Versuchen, welche wir besitzen, sind später in England von Griffiths, Maginnis, Rennie, Reynolds, Thornycroft und Yarrow, sowie in Amerika von Isherwood weitere Untersuchungen angestellt worden, auch in unserer Marine haben wir es uns angelegen sein lassen, seit ungefähr der Mitte der 70er Jahre mit fast jedem neuen Schiffstyp eine Reihe von Schrauben zu probieren.

Bedenkt man nun, daß ein Schiff bei Schraubenversuchen sehr häufig gedockt werden muß, ja daß dies schon zu geschehen hat, wenn lediglich die Steigung der Schraube zu ändern ist; daß hierdurch und durch den Kohlenverbrauch der Maschine bei den vielen vorzunehmenden Probefahrten, ganz abgesehen von der Verpflegung der Schiffsmannschaft, immer sehr beträchtliche Kosten entstehen, wozu noch der recht erhebliche Zeitaufwand kommt, so läßt sich doch nicht leugnen, daß ein großer Fortschritt erzielt würde, wenn wir dahin kommen könnten, gewissermaßen eine Vorarbeit im Laboratorium anzustellen, ähnlich wie Herr Professor Dr. Ahlborn es angefangen hat, selbstverständlich unter weiterer Vervollkommnung dieser Methode. Wir würden dann nicht bloß sehr viel Zeit, sondern noch viel mehr Geld sparen, und nach meiner Überzeugung auch sehr bald zu korrekteren Schlüssen kommen, als wir durch die bisherigen Versuche im Großen gekommen sind

Herr Baurat Flohr-Stettin:

Ich möchte bei dieser Gelegenheit doch nicht unterlassen, mitzuteilen, daß meine Firma auf diesem Gebiete auch Versuche gemacht hat, und zwar haben wir sowohl die Versuche gemacht in einem Tank als auch, auf Anregung des Herrn Konsul Schlick, mit den gleichen Schrauben im freien Wasser. Wir haben Versuche gemacht im Tank mit wesentlich größeren Schrauben, als sie Herr Ahlborn untersucht hat und wie sie auch in der Versuchsstation in Bremerhaven erprobt worden sind, weil die an diesen beiden Stellen erprobten



kleinen Modellschrauben nach meiner Ansicht keinen genügenden Schluß geben für die tatsächlichen Verhältnisse und keinen Anhalt für die Verwertung dieser Versuche bei den wirklichen Schrauben.

Wir haben uns bemüht, im Tank vor allen Dingen die Geschwindigkeit des Wassers innerhalb des Schraubenkreises festzustellen. Wir haben auch Versuche gemacht in Bezug auf den Formwiderstand der Flügel, dahingehend, daß wir die Flügelwiderstände untersucht haben bei solchen, welche im Querschnitt auf beiden Seiten eine Ellipse als Abschlußlinie haben und Widerstände bei Flügeln gewöhnlicher Querschnittform.

Wir haben bei einem Zwei-Schraubenboote von 12 m Länge, welches elektrisch angetrieben wurde, dieselben Schrauben, welche im Tank erprobt waren, auch im freien Wasser untersucht, weil die Verhältnisse dort wesentlich andere sind wie im Tank. Die Schlüsse, welche wir aus diesen Versuchen gezogen, haben wir benutzt bei dem Entwurfe neuer Schraubenflügel für den Schnelldampfer „Kaiser Wilhelm II.“ Die Resultate sind sehr günstig gewesen, denn diese neuen Flügel haben bei annähernd gleich starken Maschinenleistungen wie bisher, die Geschwindigkeit des Schiffes um mehr als einen halben Knoten pro Stunde erhöht. Das ist immerhin doch ein praktisches Resultat, dessen Bedeutung die Herren hier jedenfalls nicht verkennen werden.

Ich möchte angesichts des lebhaften Interesses, welches diese Sache heute gefunden hat, mit Erlaubnis des Vorstandes im nächsten Jahre einen Vortrag in Aussicht stellen, in dem wir unsere Versuche auf diesem Gebiete zur allgemeinen Kenntnis bringen, da sie jedenfalls dazu beitragen werden, dieses dunkle Gebiet aufzuklären.

Herr Dr. Wagner-Stettin (Gast):

An die Bemerkungen des Herrn Professor Schütte über den Reibungswiderstand anknüpfend, möchte ich auf die bekannte Tatsache hinweisen, daß bei schnellen Schiffen der größte Teil des Gesamtwiderstandes auf die Reibung oder Oberflächenwirbelbildung entfällt. Dieser „Reibungswiderstand“ läßt sich nun von Modellversuchen mit kleiner Geschwindigkeit nicht mit Sicherheit auf wirkliche Schiffe oder Schrauben übertragen, da derselbe bei großen Geschwindigkeiten sich ganz anders verhält bezw. verändert als bei kleinen. Ich stütze mich hierbei auf Reibungsversuche mit großen, rotierenden Scheiben, die ich im Auftrage der Stettiner Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft „Vulcan“ voriges Jahr auszuführen den Vorzug hatte. Dabei wurden Umfangsgeschwindigkeiten von 30—40 m per Sekunde erreicht, welche somit die in den Schleppstationen erreichbaren Linear-Geschwindigkeiten von maximal ca. 2,5 m per Sekunde weit übertreffen und mehr den Bedingungen entsprechen, wie sie z. B. bei großen Propellern vorkommen. Die Kurve des Drehmoments zeigte bei wachsender Umfangsgeschwindigkeit einen Wendepunkt, um darüber hinaus langsamer anzusteigen und sich schließlich einer oberen Grenze zu nähern. Dieses interessante Verhalten des Reibungswiderstandes ist auf den Umstand zurückzuführen, daß mit zunehmender Geschwindigkeit das dem Köıper zunächst befindliche Wasser infolge der Oberflächenwirbel und frei werdenden Luftbläschen nicht mehr aus homogenem Wasser, sondern aus einem Gemisch von Luft und Wasser besteht, dessen Reibungskoëffizient natürlich kleiner ist als der von homogenem Wasser und umsomehr abnimmt, je größer die Geschwindigkeit bezw. je geringer die Dichte des umgebenden Gemisches wird. Die Annahme des Herrn Professor Schütte, daß etwa der Reibungswiderstand proportional einer Potenz der Geschwindigkeit mit wachsendem Exponenten sei, ist somit unzutreffend.

Der Umstand, daß bei großen Geschwindigkeiten das umgebende Mittel ein anderes ist, als bei kleiner Geschwindigkeit, ist auch der Grund, warum die Ergebnisse der Schleppversuchsstationen, wenigstens bezüglich Schrauben, mehr oder weniger von den Resultaten der Wirklichkeit abweichen müssen.



Abgesehen von diesem Einwande gegen Versuche mit kleinen Modellen und kleinen Geschwindigkeiten ist aber jedenfalls die analysatorische Methode des Herrn Professor Dr. Ahlborn der einzig richtige Weg, um wenigstens auf dem Gebiet der Strömungserscheinungen weiterzukommen, denn nur dadurch, daß man die Wirkungen im einzelnen studiert, wird man die Faktoren kennen lernen, auf die es beim Entwurfe der Schiffsformen und Propeller ankommt.

Herr Marine-Baumeister Dix-Berlin:

Absichtlich bin ich vorhin auf die Schlußfolgerungen nicht eingegangen, die Herr Professor Dr. Ahlborn aus seinen Versuchen gezogen hat — deswegen nicht eingegangen, weil die im gedruckt vorliegenden Vortrage aufgestellten Behauptungen hier nicht aufrecht erhalten worden sind.

Nur eine der dort gezogenen Schlußfolgerungen hat Herr Professor Dr. Ahlborn auch an dieser Stelle vorgetragen, er behauptet nämlich, daß der Reibungswiderstand den größten Teil des Gesamtwiderstandes ausmacht. Der Herr Vorredner hat diese Annahme gleichfalls als richtig hingestellt. Meine Herren, nach den Erfahrungen, die wir bisher gesammelt haben, ist diese Anschauung, wenn wir die Froudesche Theorie als richtig voraussetzen, nicht zutreffend. Ich möchte mir erlauben, Ihnen als Beweis hierfür ein paar Zahlen über diesen Gegenstand zu geben. Wenn wir den nach Abzug des Reibungswiderstandes vom Gesamtwiderstand verbleibenden Rest, den Wirbel- und Wellen bildenden Widerstand hier kurz Restwiderstand nennen, so würde für S. M. S. „Wittelsbach“ z. B. bei 20 Knoten, wenn das Schiff diese Geschwindigkeit erreichen könnte, der Restwiderstand ungefähr 2,4mal so groß sein, wie der Reibungswiderstand. Bei S. M. S. „Adalbert“ stellt sich bei 22 Knoten das Verhältnis zwischen Restwiderstand und Reibungswiderstand nach den Tankversuchen auf 1,40 : 1, bei S. M. S. „Hamburg“ stellt sich bei 23 Knoten dieses Verhältnis auf 1,15 : 1 und bei 25 Knoten bereits auf 1,9 : 1.

Meine Herren, Sie ersehen aus diesen wenigen Zahlen, die ich Ihnen mitzuteilen die Ehre habe, daß die Behauptung, der Reibungswiderstand mache den größten Teil des Gesamtwiderstandes aus, so allgemein gefaßt, nicht richtig ist.

Herr Professor Dr. Ahlborn-Hamburg (Schlußwort):

Den Ausführungen, die in der Diskussion meiner Mitteilungen von den verschiedenen Rednern vorgetragen wurden, habe ich nur Weniges hinzuzufügen.

Herr Professor Schütte hat die Meinung zum Ausdruck gebracht, daß von den drei durch die Froudesche Theorie gegebenen Komponenten des Schiffswiderstandes die Wirbelbildung und Wellenbildung als etwas Feststehendes, Gegebenes zu betrachten sei, und daß allein der Reibungswiderstand weiterer Untersuchung bedürfe. Ich bedauere, diesen Standpunkt nicht anerkennen zu können. Die Wissenschaft kennt keinen Stillstand. Wir dürfen nicht bei irgend einer Theorie stehen bleiben, solange sich uns die Möglichkeit bietet, durch Vervollkommnung unserer Methoden einen Schritt vorwärts zu kommen.

Ich erkenne vollkommen die hohe Bedeutung und den großen Nutzen der Froudeschen Theorie für die Widerstandsbestimmung an und hege die größte Hochachtung vor den vortrefflichen englischen Forschern und ihren Arbeiten, aber ebensosehr muß ich mit ihrem Urheber betonen, daß diese Theorie in allen Teilen einer weiteren Vervollkommnung und Ausgestaltung bedürftig und zugänglich ist. Mr. R. E. Froude selbst sagt*), daß unsere Schätzung der Hautreibung an wirklichen Schiffen vermutlich ungenau ist; daß unsere Kenntnis des Betrages des wellenbildenden Widerstandes empirisch und sehr unbestimmt

*) Transact. Inst. Nav. Arch. 1898. S. 100.



ist, und daß wir fast nichts über den wirbelbildenden Widerstandsrest wissen. Die Wellenbildung sei nicht allein eine wirkliche und wichtige Widerstandsursache, sie sei auch für jene Besonderheiten in der Veränderung der Schiffswiderstände verantwortlich, die mit der Veränderung der Geschwindigkeit eintreten, und die zu den Hauptschwierigkeiten gehören, den Widerstand eines neuen Schiffsplanes zu beurteilen .... „at any rate, it is the wave-making resistance which needs investigation".

Aber es ist nicht die Wellenbildung allein, die der Untersuchung bedarf. Wie nötig und nützlich die Fortsetzung der experimentellen Arbeiten gerade in der von mir eingeschlagenen Richtung ist, das zeigen die Widersprüche, die hier hinsichtlich der Vorgänge zutage getreten sind, welche den Reibungswiderstand bedingen. Nach Froude äußert sich der Reibungswiderstand in einer das ganze Schiff umschließenden, sternwärts dicker werdenden, wirbelnden Wasserschicht, während Herr Professor Schütte der Meinung ist, daß es sich um eine durch Adhäsion an der Schiffswand und Kohäsion der Wasserteilchen verzögerte Gleitbewegung handle. Herr Professor Lorenz betont mit Recht, daß man allgemein annimmt, der Reibungswiderstand des Wassers hänge mit Wirbelbildungen zusammen. Meine Versuche an kleinen Modellen stimmen damit im wesentlichen überein, doch ließen die vorgeführten Photogramme sehr charakteristische Einzelheiten erkennen, die bisher nirgends beobachtet und berücksichtigt wurden und durch welche die Widerstandserscheinungen an der einfachen, querstehenden Platte mit denen an schiffsförmigen Körpern in eine neue und eigenartige Verbindung gebracht wurden. Die vorhandenen Meinungsverschiedenheiten und Unsicherheiten in diesen fundamentalen Widerstandsfragen haben allein ihren Grund in der Unzulänglichkeit der subjektiven Beobachtung der Vorgänge. Das Auge ist nicht im Stande, so schnelle und verwickelte Bewegungen richtig aufzufassen und zu verfolgen, das kann nur durch die objektive, photographische Analyse geschehen, wie sie bei meinen Untersuchungen in Anwendung gebracht ist.

Herr Professor Schütte hat dann ferner hervorgehoben, daß das Einströmen des Wassers in den Arbeitsraum der Schraube eines in Bewegung befindlichen Schiffes in anderer Weise erfolgt, wie es durch meine Photogramme zur Darstellung gelangt sei. Meine Mitteilungen bezogen sich aber gar nicht auf diesen Fall, sondern, wie ich ausdrücklich bemerkt habe, auf die Anfangsstadien der Schraubenbewegung, wenn sie am festen Orte, ohne gleichzeitige translatorische Bewegung in Rotation versetzt wird. Sobald die Ortsveränderung hinzukommt, und die Schraube dem heranströmenden Wasser entgegengeht, bekommen wir in der Tat ähnliche Erscheinungen, wie sie in der Froudeschen Schraubentheorie angegeben werden, mit erheblich geringerer seitlicher Ausbreitung des Sogs. Hierüber hoffe ich bei nächster Gelegenheit weitere Angaben machen zu können.

Eine beiläufige Bemerkung über den Anteil der sogenannten Hautreibung am Gesamtwiderstande hat durch Herrn Baumeister Dix eine Ergänzung dahin erfahren, daß bei sehr großen Geschwindigkeiten dieser Betrag noch erheblich unter 50% heruntergehen kann. Dies Ergebnis ist jedenfalls neu; es ist mir aus der Literatur nicht bekannt geworden, daß die Reibung einen so geringen Prozentsatz erreichen kann. Mir kam es in erster Linie darauf an, die Erscheinungen klarzustellen, unter denen sich die Vorgänge der Hautreibung abspielen.

Gegenüber meiner Forderung der Errichtung einer hydrodynamischen Versuchsanstalt in Hamburg hat Herr Baumeister Dix die Behauptung aufgestellt, daß die vorhandenen Einrichtungen in Charlottenburg, Bremerhaven und Dresden vollkommen ausreichend seien, und daß auch Zeit genug zur Verfügung, alle einschlägigen, wissenschaftlichen und technischen Fragen zu bearbeiten. Diese für mich überraschende Äußerung eröffnet ja eine außerordentlich erfreuliche Aussicht; aber wenn das die Meinung der an den verschiedenen



Instituten beschäftigten Herren wäre — sie ist es nach meinen Informationen keineswegs —, so stände der Lösung der vielen hydro- und aërodynamischen Probleme kein Hindernis mehr im Wege, und ich könnte mich darauf beschränken, nur die Durchführung der von mir eingeleiteten Untersuchungen im Großen zu empfehlen. Selbstverständlich kann und darf mich diese Ansicht des Herrn Dix nicht abhalten, den als zweckmäßig und notwendig erkannten Plan mit Nachdruck weiter zu verfolgen, die Arbeiten in der eingeschlagenen Richtung fortzusetzen und zu meinem bescheidenen Teile an der ferneren Entwickelung der experimentellen Hydrodynamik im Interesse der Schiffahrt mitzuwirken. (Beifall.)

Der Ehrenvorsitzende, Seine Königliche Hoheit der Großherzog von Oldenburg:

Namens der Schiffbautechnischen Gesellschaft spreche ich Ihnen, sehr geehrter Herr Professor, unseren herzlichen Dank für den äußerst sorgsam und mit so großer Mühe vorbereiteten Vortrag aus. Hoffen wir, daß derselbe noch reiche, schöne Früchte für die Wissenschaft tragen wird.

X. Neuere Methoden und Ziele der drahtlosen Telegraphie.

*Vorgetragen von **F. Braun**.*

Man soll einen Vortrag nicht mit einer Entschuldigung einleiten, und trotzdem muß ich es wagen, deren zwei voranzuschicken. Was meine experimentellen Demonstrationen betrifft, so bitte ich, gütigst beachten zu wollen, daß ich, abgetrennt von den mir vertrauten Laboratoriumswerkstätten, mich auf einem fremden Boden bewege. Was aber den Inhalt der Sache betrifft, so muß ich mich bei dem großen Material, welches bereits angewachsen ist, auf einzelne Punkte beschränken. In der letzteren Beziehung kann ich beruhigter sein, um so mehr, als Sie hier Gelegenheit haben, von erster Quelle und aus beredtem Munde sich über den Stand der Angelegenheit orientieren zu lassen. Ich werde mich wesentlich zu beschränken haben auf Senderanordnungen.

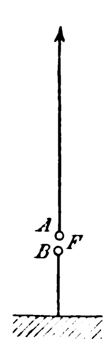


Fig. 1.

Wir kennen in der Hauptsache zwei Arten, einen Sender für drahtlose Telegraphie zu erregen, das heißt, elektrische Schwingungen auf ihm zu erzeugen. Die eine Methode ist dargestellt in diesem Schema (Fig. 1). Sie

haben einen Draht von 20, 30, 40 m Höhe vertikal aufgestellt, unten in einer Kugel A endend; es steht ihr gegenüber eine zweite Kugel B, die mit der Erde verbunden ist. Sie laden diesen oberen Draht in irgend einer Weise mit Elektrizität, sagen wir, durch den Induktor. Das ist die gebräuchliche Anordnung. Sobald eine gewisse Spannung erreicht ist, schlägt ein Funke zwischen den beiden Kugeln über. Dieser Funke wirkt ganz wesentlich ebenso, als wie der Morsetaster bei der gewöhnlichen Telegraphie. Er schließt den elektrischen Strom; es entladet sich der Draht gegen die Erde. Aber diese Entladung wird von der Erde gewissermaßen reflektiert. Die Elektrizität, welche zuerst herunter strömt, strömt wieder hinauf (Demonstration) sie geht dann wieder nach unten, wieder hinauf und so fort; sie führt Bewegungen aus, als wenn Sie einen Gummiball auf die Erde werfen, mit dem einzigen Unterschiede: der Gummiball braucht für eine Schwingung, für ein Auf- und Absteigen, sagen wir, eine Sekunde, die Elektrizität strömt in unserem Falle in einem außerordentlich kleinen Zeitraum, vielleicht in einer Millionstel Sekunde einmal hin und her. Diese elektrische Bewegung setzt nun die Elektrizität des umgebenden Raumes in eine gleichsinnige Bewegung. Der Vorgang ist der folgende: Elektrische Strömung gehe, nehmen wir an, nach unten, dann überträgt sich eine elektrische Bewegung auf die nächste Luft- oder Ätherschicht, wie Sie es nennen wollen, und die Bewegung auf dem Drahte hat ihre Energie an diese Luftschicht abgegeben. Von dieser Schicht geht die Bewegung ebenso an eine zweite Schicht, an eine dritte und so fort; es schreitet, wie wir uns ausdrücken, ein Impuls in den Raum hinein, oder aber, wenn es sich nicht um einen einzelnen Impuls, sondern um eine periodische, eine pendelartige (Redner pendelt mit dem Arm auf und ab) Bewegung handelt, so schreitet eine Welle (Redner bewegt den pendelnden Arm horizontal weiter) in den Raum hinein. Die Welle breitet sich aus wesentlich in horizontaler Richtung, während die Schwingungen vertikal erfolgen. Wir haben es zu tun mit einer „transversalen“ Welle. Diese transversale Welle schreitet durch den Raum fort mit Lichtgeschwindigkeit. Sie ist Licht, wenn wir uns daran gewöhnen wollen, den Sprachgebrauch noch etwas zu erweitern, den wir längst eingeführt haben, daß wir nämlich auch von unsichtbarem Licht reden; und zwar wäre das sichtbare Licht etwa die 29. bis 30. höhere Oktave unserer elektrischen Schwingung.

Die elektrische Bewegung in dem Drahte stirbt ab, und zwar stirbt sie ab aus zwei Gründen. Einmal: es geht Energie in der Form von sogenannter Strahlung hinaus in den Raum. Es ist genau ebenso wie bei einer leuchtenden



Quelle, wo wir die Energie des Strahls direkt mit dem Brennglase nachweisen können; und zweitens: die elektrische Energie verzehrt sich in sich selbst, genauer gesagt, sie verzehrt sich zum größten Teile in der Funkenstrecke. In dem Funken wird die elektrische Energie umgesetzt in Wärme, die für uns wertlos ist.

Eine zweite Methode, um den Sender für drahtlose Telegraphie in Schwingungen zu versetzen, beruht auf den Ihnen bekannten Erscheinungen bei der Entladung einer Leydener Flasche. Wenn man eine Leydener Flasche

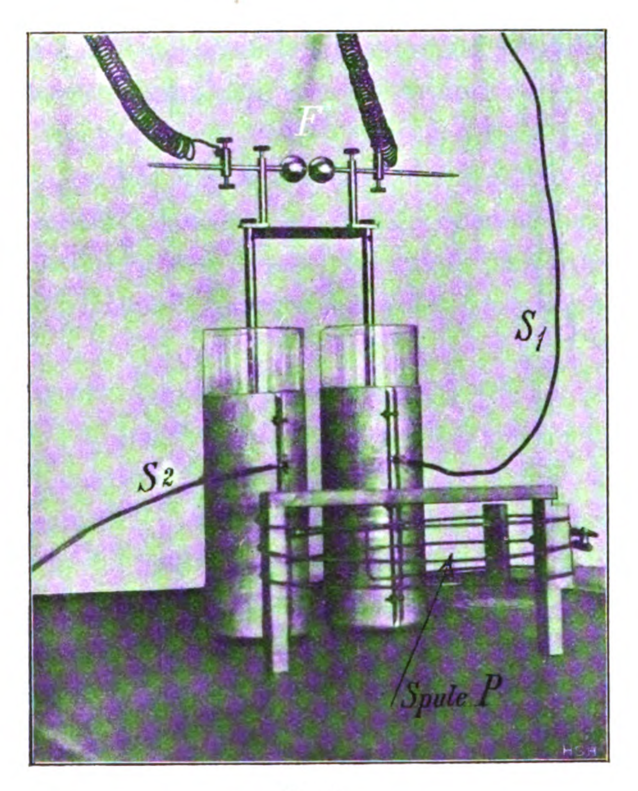


Fig. 2.

entladet, also in der bekannten Weise durch den sogenannten Schließungsbogen, so findet hier gleichfalls mit dem Funken ein Einsetzen einer elektrischen Strömung statt. Auch der Funke schließt hier die Bahn und die Elektrizität pendelt auch hier hin und her. Sie vollführt Schwingungen von der inneren Belegung nach der äußeren und wieder zurück, und diese elektrischen Schwingungen in den Leydener Flaschen sind seit etwa 50 Jahren genau bekannt, theoretisch und experimentell untersucht.

Mit einer solchen elektrischen Schwingung in einer geschlossenen

Bahn können wir aber keine Fernewirkung ausüben. Wenn wir die elektrische Bewegung in dem Schließungsbogen der Leydener Flasche für drahtlose Telegraphie benutzen wollen, so müssen wir dafür sorgen, daß wir die Schwingungen übertragen auf eine offene Bahn. Eine Leydener Flaschenentladung strahlt, wie wir uns ausdrücken können, keine Energie aus. Die

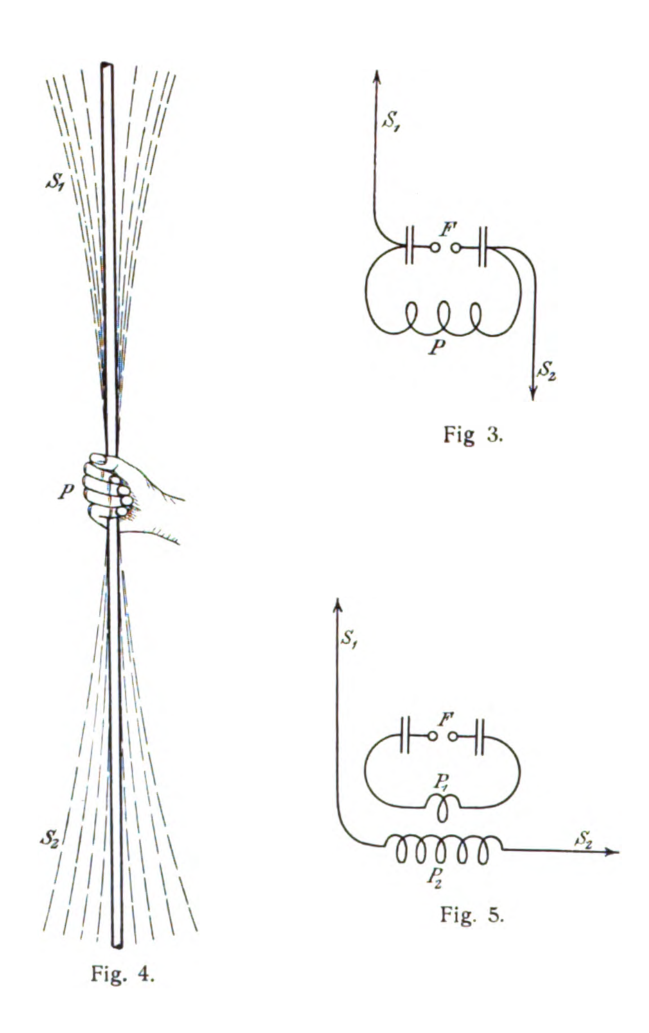


Fig 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Energie wandert wohl von der Flasche ein Stück in den Raum hinein, sie wird aber wie in einer spiegelnden Fläche wieder reflektiert, zieht sich wieder in sich zusammen und nimmt keine große Ausdehnung im Raume ein. Wir müssen deshalb die Schwingungen zunächst übertragen auf einen offenen Draht, und Sie sehen hier eine Anordnung, welche dies gestattet (Fig. 2 und schematisch Fig. 3). Es sind in Fig. 3 angedeutet zwei Leydener Flaschen; ein vertikaler Strich bedeutet eine Belegung, der ihm benachbarte die andere Belegung. (Diese zwei Leydener Flaschen wirken, nebenbei bemerkt, hier

nicht wie eine Flasche von doppelter Größe, sondern infolge ihrer Anordnung wie eine Flasche von halber Größe). Wieder erfolgt durch den Funken F der Schluß des Stromes. In der Spule P, dem Schließungs- oder Schwingungsbogen, finden Schwingungen statt. An diesen Schwingungsbogen P ist nun angeschlossen einerseits der Sender S_1, andererseits ein Symmetriedraht S_2, ein sogenanntes Gegengewicht, welches eventuell durch Erde ersetzt werden kann.

Der Vorgang ist im wesentlichen der folgende: in P werden elektrische Schwingungen gemacht, und diese elektrischen Schwingungen übertragen sich einerseits auf den Senderdraht nach oben und gehen andererseits nach unten in den Symmetriedraht. Es ist ein Vorgang, ganz ähnlich wie bei diesem einfachen mechanischen Modell (Fig. 4) [Demonstration]. Sie erschüttern einen dünnen Stab, indem Sie die Hand rasch hin und her bewegen, in der Mitte. Er macht Schwingungen in der oberen und unteren Hälfte. Die obere Hälfte entspricht dem Sender, die untere dem Symmetriedraht, die Hand dem die Schwingungen erregenden Schließungsbogen des Flaschenkreises.

Diese Erregungsart des Senders bezeichnen wir als die direkte. Wir können die Energie auf den Sender übertragen noch in einer zweiten Weise, durch sogenannte induktive Erregung (Fig. 5). Hier wirken die Schwingungen in dem Schließungskreis P_1 induzierend, das heißt, sie erregen wiederum elektrische Ströme in der Spule P_2, welche im Sender liegt, und diese Ströme steigen nun in dem einen Draht auf und steigen ab in dem anderen.

Man nennt die soeben geschilderten, unter Benutzung von Leydener Flaschen hergestellten Anordnungen „gekoppelte Systeme". Der Vorteil derselben liegt nach zwei Seiten, nämlich erstens: schon im Jahre 1898, als ich diese Anordnungen angab, war es für denjenigen, welcher zwischen den Beobachtungen zu lesen versteht, klar und eigentlich schon durch die Feddersenschen Versuche bewiesen, daß gegenüber den großen Elektrizitätsmengen, welche in einer Flasche sich entladen, der Widerstand, der Energieverbrauch des Funkens weniger in Betracht kommt; und zweitens: die Energie, welche die offene Senderbahn nach außen abgibt, wird von dem Flaschenkreis nachgeliefert. Der Flaschenkreis bildet ein Reservoir für die Ausstrahlung, und daß ein solcher Flaschenkreis tatsächlich ein recht beträchtliches Energiereservoir sein wird, das ersehen Sie aus der folgenden Angabe. Diese Flasche hat eine Kapazität von etwa 1400 cm, das heißt, sie enthält auf eine gewisse Schlagweite, sagen wir, von 1 cm geladen, eben-

soviel Energie, als man ansammeln könnte auf einer bis zur gleichen Schlagweite geladenen Metallkugel von 14 m Radius, also fast 30 m Durchmesser.

Ich will Ihnen elektrisch die gekoppelten Systeme vorführen. Ich habe hier einen Flaschenkreis (Fig. 6). Ich wähle die direkte Schaltung. An die Enden der Spule P_1 sind zwei Drähte A_1 B_1 und A_2 B_2 angelegt, also

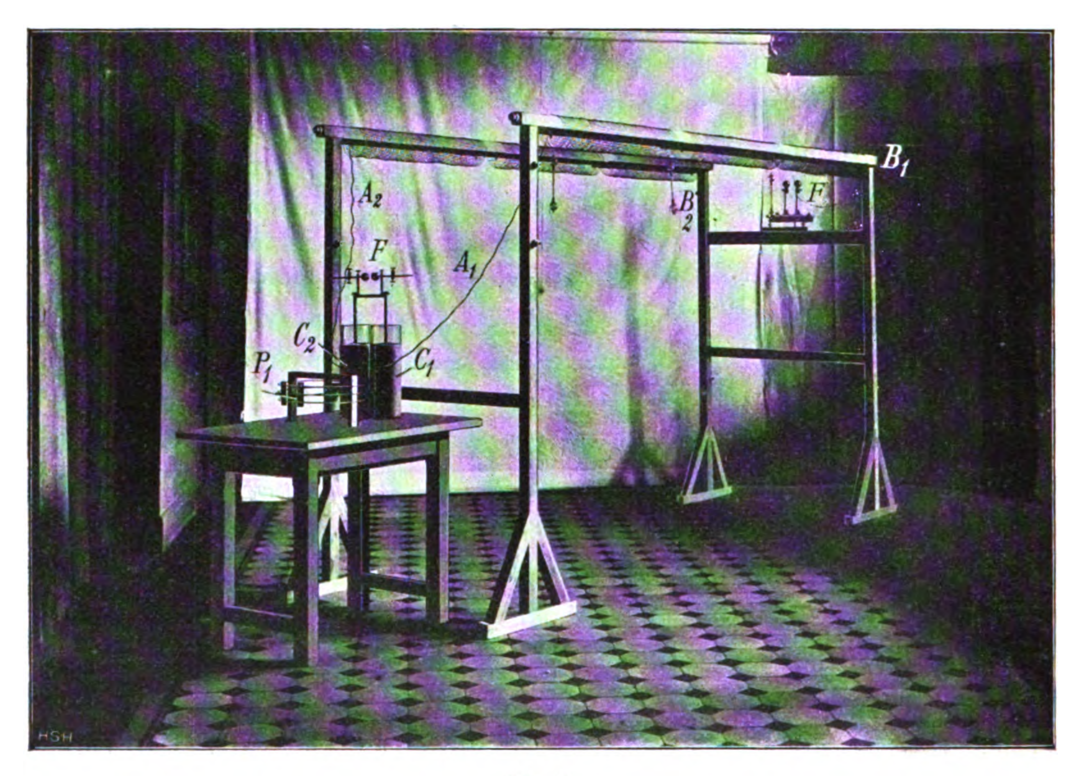


Fig. 6.

ich realisiere einfach den Versuch mit dem schwingenden Stabe, von dem ich eben sprach. Es werden im Schließungsbogen P_1 der Flasche die Schwingungen eingeleitet, sie werden zwei Drähten zugeführt (die Drähte aber habe ich spulen müssen, denn sie müssen etwa 50 m lang sein), und Sie werden dann sehen, daß am Ende der Drähte, ganz ebenso wie bei dem schwingenden Stabe die elektrischen Bewegungen sehr stark werden. Während wir die Flaschenschwingungen erregen mit einem Funken von 2 cm Länge, werden wir die Spannung an den Enden der Drähte vielleicht bis auf 8 cm treiben. Daß ich hierbei eine von der Erregungsstelle nach den offenen Enden zunehmende elektrische Spannung habe, werden Sie an den Geislerschen

Röhren, die an den Drähten hängen, erkennen. Die der Erregerstelle nächste Röhre leuchtet schwach, die zweite stärker, die entfernteste am hellsten. (Demonstration.)

Ich möchte Ihnen nun den elektrischen Vorgang der gekoppelten Systeme mechanisch erläutern. Ich habe hier zwei Pendel (Fig. 7), von welchen das eine mit einem großen Gewichte belastet ist (das erregende System), während das andere Pendel (das erregte System) leicht ist. Beide Pendel

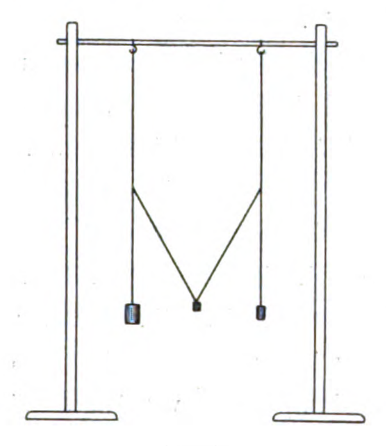


Fig. 7.

aber haben genau die gleiche Schwingungsdauer. Ich will zunächst die Pendel neben einander schwingen lassen, jedes ganz frei für sich, nur um zu zeigen, daß sie gleiche Schwingungsdauer haben. Jetzt will ich sie koppeln. Ich belaste zu dem Ende den zwischen beiden befindlichen Faden mit einem kleinen Gewichte, setze jetzt nur das eine, das schwere Pendel, in Bewegung, und lasse das andere in Ruhe. Nun übertragen sich mittels der „Koppelung" die Bewegungen des schwingenden Pendels auf das andere vorher ruhende Pendel. Sie sehen, wie jetzt das zweite Pendel mit in Bewegung kommt, während das erste Pendel in seinen Bewegungen abnimmt. Der schwingende Systemteil gibt seine Energie an den anderen, mit ihm gekoppelten Teil ab, und die Bewegung des zweiten leichteren Pendels ist jetzt schon so groß geworden, daß sie die des ersten überwiegt, genau wie bei dem Leydener Flaschenkreise. Der Leydener Flaschenkreis gibt seine Energie ab an die mit ihm verbundenen Drähte. In diesen Drähten werden die Spannungen größer auf Kosten des Energiereservoirs.

Die Schwingungen der Pendel erlöschen allmählich. Wir nennen eine derartige Schwingung, welche allmählich abnimmt, eine gedämpfte Schwingung. Ich will Ihnen den Einfluß der Dämpfung hier erläutern. Ich wiederhole

den Versuch, lasse aber das erregende Pendel jetzt in Wasser schwingen, ich dämpfe es auf die Weise absichtlich. Ich ziehe das erste Pendel ebensoweit aus der Ruhelage wie vorher. Sie sehen, die Bewegung des zweiten Pendels nimmt auch zu, aber nicht mehr so stark, wie vorher. Ich habe eine gedämpfte Schwingung, und eine gedämpfte Schwingung erregt nicht so stark, wie eine schwach oder gar nicht gedämpfte Schwingung.

Ich will Ihnen nun das Analogon elektrisch zeigen. Ich nehme genau denselben Flaschenkreis (Fig. 6) unter genau denselben Bedingungen. Die erste Schwingung des Flaschenkreises hat genau dieselbe Amplitude wie vorher, ganz wie ich es bei den Pendeln machte, nur dämpfe ich den Flaschenkreis, indem ich einfach etwas Widerstand, etwas Kupfervitriollösung in seinen Schwingungsbogen einlege. Sie werden sehen, während ohne Abdämpfung die Funken zwischen den Kugeln A und B überschlagen, werden sie mit gedämpftem Flaschenkreis nicht mehr überschlagen (Demonstration). Ich muß die Kugeln auf etwa ein Drittel ihrer früheren Entfernung zusammenschieben, damit der Funke wieder einsetzt. Das ist der Einfluß der Dämpfung.

Möglichst schwach gedämpfte Schwingungen sind nun nötig, wenn man beabsichtigt, eine scharfe Abstimmung zu erzielen. Sie entsinnen sich der Versuche von Herrn Geheimrat Slaby, die er im Dezember 1899 hier vorführte, und mit denen zum erstenmal in Deutschland eine abgestimmte Telegraphie gezeigt wurde. Damals wurden die Anordnungen ausgeführt mit sogenannten offenen Systemen. Diese Anordnungen sind auch heutigen Tages noch mit kleinen Modifikationen im Gebrauch. Aber man hat doch gesucht, die Abstimmung noch schärfer zu machen, als es mittels dieser Methoden möglich war, und um dies zu erreichen, kommt man immer zurück auf Systeme, welche man geschlossene nennt, wie ein solches durch einen Flaschenkreis repräsentiert wird. Ein mit guten Leitern hergestellter Flaschenkreis hat die denkbar geringste Dämpfung. Außerdem handelt es sich noch darum, daß man diese Systeme, wie man sich ausdrückt, möglichst lose koppelt. Die geschlossenen Systeme, mit einem Empfangsdraht gekoppelt, sollen auf den Empfänger nicht zurückwirken, sondern sie sollen bloß alle Energie von ihm aufnehmen, sie sollen sich verhalten wie das folgende Beispiel erörtert. Wenn Sie eine Kirchenglocke in Bewegung setzen, so wissen Sie, daß der Glockenjunge das sehr einfach macht: er zieht an der ihm bekannten Glocke, aber immer im richtigen Tempo. Er gibt der Glocke einen kleinen Stoß, dann wartet er ruhig, bis die Glocke eine ganze Schwingung gemacht hat, dann gibt er im richtigen Tempo wieder einen Stoß, so summiert er die Stöße, und allmählich kann er mit der tropfenweise



zugeführten Energie die Glocke mit ihrer kolossalen Schwingungsmasse in sehr große Bewegung setzen. Ganz ebenso soll im folgenden Versuche verfahren werden. Wir wollen hier mit einem möglichst schwach gedämpften Erreger (schematisch in Fig. 8, wirkliche Ausführung Fig. 9)

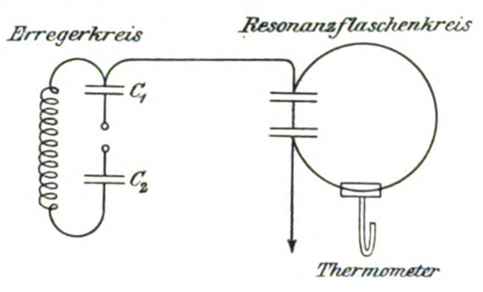


Fig. 8.

einen Flaschenkreis, einen sogenannten Resonanz-Flaschenkreis in der Weise erregen, wie ich eben sagte. Der Resonanz-Flaschenkreis besteht wieder aus zwei Flaschen, einem Schließungsdraht und einem sogenannten Rießschen Luftthermometer (Fig. 10). Das ist einfach ein kleiner Platindraht, durch den die elektrischen Schwingungen hindurchgehen und den Platindraht erwärmen.

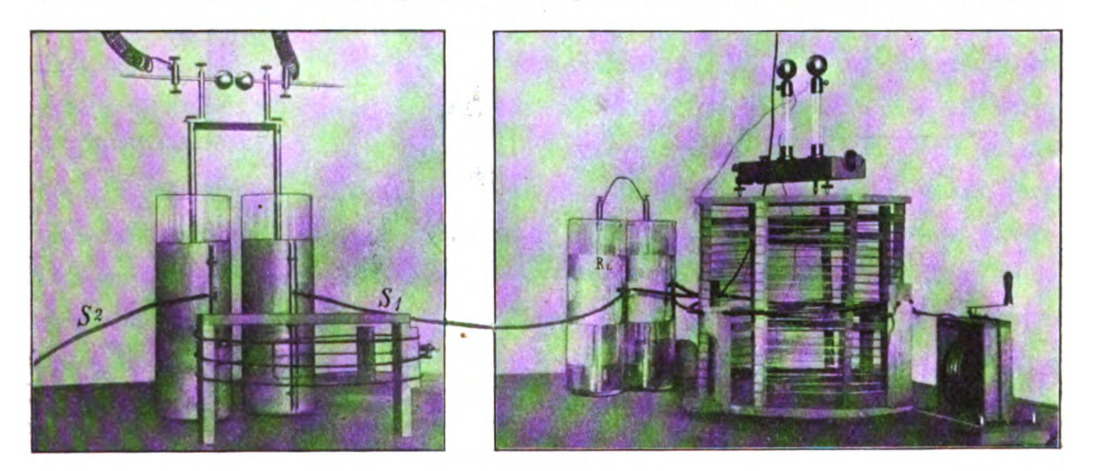


Fig. 9.

Die Erwärmung des Platindrahtes wird an einem Flüssigkeitsmanometer angezeigt. Je höher die Flüssigkeit steigt, desto größer ist die Erwärmung, desto größer ist die in dem Resonanz-Flaschenkreise angesammelte Energie. In den Resonanz-Flaschenkreis ist noch eingeführt ein Regulator für die Abstimmung. Er besteht (vgl. Fig. 9) aus zwei kleinen Drahtspulen, deren eine gegen die andere verdreht werden kann. Wenn ich die bewegliche Spule etwas verdrehe, so kann ich bewirken, daß der Resonanz-Flaschenkreis nicht mehr in der richtigen Stimmung ist. Ich habe, um mit dem Beispiel zu reden, die

Glocke verstimmt, während der Glockenjunge noch im richtigen Tempo zieht. Ich will das zeigen zunächst mit dem nicht absichtlich gedämpften, also möglichst lange schwingenden Erreger. Wir wollen jetzt auf die Abstimmung achten. Ich drehe die Kurbel des Regulators und ändere damit die Stimmung des Flaschenkreises. Sie werden sehen, während die Kurbel gedreht wird, steigt das Thermometer, es geht zu einem Maximum über. Ich habe die Stelle bester Abstimmung erreicht. Gehen wir über die Abstimmungsstelle hinaus, so fällt das Thermometer wieder. Jetzt wollen wir den Flaschenkreis dämpfen, (geschieht durch Einschalten von Kupfervitriollösung) dann wird auch in dem Resonanz-Flaschenkreise viel weniger Energie angesammelt, das

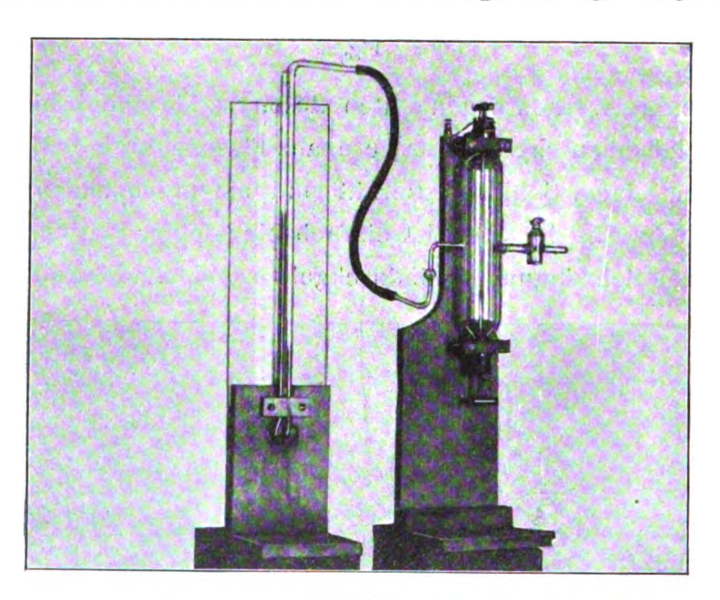


Fig. 10.

Thermometer macht einen kleineren Ausschlag und gleichzeitig wird die Resonanz unschärfer. Selbst wenn wir jetzt die Kurbel um denselben Betrag drehen wie vorher, so ändert sich der Ausschlag viel weniger, die Abstimmung wird dadurch, daß die Dämpfung größer ist, nicht mehr so scharf. Sie sehen, während die Kurbel gedreht wird — ich mache sogar eine ganze Umdrehung — ändert sich der allerdings an sich niedrigere Thermometerstand auch relativ sehr wenig.

Die Gesellschaft für drahtlose Telegraphie hat jetzt eine Abstimmung, wie sie mir mitgeteilt hat, die ungefähr auf 4 % scharf ist, und zwar mittels der losen Koppelung, wie sie von Herrn Dr. Mandelstam und Herrn Brandes zusammen im Jahre 1902 bei Versuchen, welche mit Unterstützung der Königlichen Preußischen Luftschifferabteilung auf den Straßburger Forts gemacht

wurden, ausgearbeitet wurde. Kurz nach den damaligen Versuchen kam eine bekannte, theoretische Untersuchung von M. Wien, welche dasjenige theoretisch deduzierte, was von den Herren bereits, teils in theoretischer Erwägung gefunden, teils praktisch bestätigt war. Man hat diese Abstimmungsmethode weiter und weiter verfolgt, und jetzt ist man, wie gesagt, bis zu etwa 4 % Schärfe gekommen.

Was 4 % Abstimmungsschärfe heißt, möchte ich akustisch durch einen Versuch erläutern. Ich habe hier ein Rohr, ca. 20 cm lang, einerseits offen, andererseits mit einem Stempel geschlossen. Dieses Rohr, richtiger gesagt, die Luftsäule desselben, ist abgestimmt auf den Ton einer Stimmgabel. Ich halte die Gabel davor, und das Rohr spricht laut an. Ich verlängere oder verkürze das Rohr, soviel wie hier an ihm markiert ist (das entspricht einer Aenderung der Abstimmung um 4 %) und bitte nun zu achten auf die Stärke des Resonanztones. Sie hören, die Resonanz ist wesentlich schwächer, aber sie ist noch nicht vollständig fort. Das sie nicht vollständig verschwunden ist, rührt von Folgendem her. Die Stimmgabel ist ein praktisch ungedämpftes System, diese Luftsäule dagegen ist ein gedämpftes System. Hier ist der Erreger ungedämpft, viel weniger noch gedämpft, wie mein Flaschenkreis dort, dagegen ist das empfangende System stärker gedämpft. Ich kann quantitativ nicht gut zeigen, daß die Luftsäule stärker gedämpft ist als der elektrische Kreis. Ich will es erläutern durch folgenden Versuch. Ich nehme eine Pappbüchse, wie ein Thermometerfutteral, ziehe den Deckel rasch fort, und Sie hören für einen Moment einen Ton. Er wird aber sehr rasch verklingen, die tönende Luftsäule ist sehr stark gedämpft. Wenn ich beide Systeme, das erregende und das erregte, als schwach gedämpfte wählen kann, so wird die Abstimmung noch schärfer werden. Ich habe hier eine Stimmgabel und eine zweite Stimmgabel, die genau gleich sind, und die werden sich gegenseitig erregen. Ich streiche die eine Gabel an (geschieht), dann gerät die andere, obschon sie etwa einen halben Meter entfernt ist, auch ins Tönen. Ich halte jetzt die erste Gabel an — Sie hören die erregte jetzt tönen. Ich wiederhole den Versuch mit dem einen Unterschiede, daß ich als zweite eine Gabel wähle, welche nur um 0,4 % verstimmt ist gegen die andere. Sie wird nicht mehr ins Mitschwingen kommen. (Der Versuch wird gemacht.) Ich halte die erste Gabel an — es ist alles ruhig; die Abstimmung ist so scharf, daß die zweite Gabel nicht erregt wird.

Ich wende mich nun zu der Frage: wo liegt die Grenze, welche wir mit gekoppelten Systemen erreichen können? Wenn man die Ueber-



tragsweite steigern will, so entsteht als erste Frage: läßt sich durch Vergrößerung der Flaschen das Ziel erreichen? Ich habe in meinem kleinen, gedruckten Vortrage den Gegenstand ausführlich diskutiert. Ich will mich hier wegen der stark vorgerückten Zeit kurz fassen und nur das Resultat anführen. Wir können mit der Größe der Flaschen nicht beliebig in die Höhe gehen, und zwar aus folgendem Grunde: Je größer wir die Flasche machen, desto kleiner müssen wir den Schwingungsbogen derselben nehmen. Nur der Schwingungsbogen überträgt aber die Energie. Wir haben also große Energie in der Flasche, wir können diese aber nicht ausnutzen, nicht zur Strahlung bringen. Wir können aber auch mit der Ladung der Flaschen nicht beliebig hoch hinaufgehen, denn mit der verwendeten Ladespannung wächst auch die Länge des Funkens, der Funke aber, sobald er über eine gewisse Länge hinausgeht, frißt zuviel Energie. Der Funke, obschon man ihm die Ehre angetan hat, das Ganze nach ihm zu benennen, ist ein sehr undankbarer Patron. Ich habe ihn früher gelegentlich eines populären Vortrages verglichen mit dem Saturn, der seine eigenen Kinder frißt. Wir können also die Anordnung nicht beliebig verstärken. Dann ist natürlich eine sehr einfache Ueberlegung die: Wenn wir Pferde so groß gewählt haben, daß uns eine stärkere Rasse nicht mehr zur Verfügung steht, dann nehmen wir statt eines Pferdes zwei Pferde. Zu diesem Rate braucht man natürlich keinen Professor. Aber wenn ich zwei Pferde anspannen will, so muß selbstverständlich, wenn das eine nach vorn zieht, das andere nicht nach rückwärts ziehen, sonst fahre ich lieber mit einem; und wenn ich vier Pferde nehme, und das eine zieht nach vorn, das andere nach rückwärts, das dritte nach rechts und das vierte nach links, so habe ich vier Pferde zu futtern und komme trotzdem nicht vorwärts. Und nun ist das Kunststück, die Pferde zu dressieren wie den klugen Hans. Die Pferde müssen genau gleichzeitig anfangen, und genau gleichzeitg ziehen. Und ebenso sollten mehrere Schwingungskreise miteinander arbeiten.

Ich will Ihnen zunächst zeigen, wo die Schwierigkeit liegt. Der Funke ist nämlich kapriziös. Ich habe hier zwei Funkenstrecken (Fig. 11) so genau gleichgemacht, wie ich sie machen kann, und nun sollte man denken, wenn ich beide Kugeln genau gleich stark lade, dann ginge die Hälfte der Elektrizität durch die eine Funkenstrecke, und die andere Hälfte durch die andere Funkenstrecke. Jeder konstante, elektrische Strom würde es auch so machen, aber der Funke macht es nicht so, entweder geht er den einen Weg oder den anderen, aber niemals geht er beide gleichzeitig, und wenn Sie einmal glauben, beide Funken spielten gleichzeitig, so ist das ganz sicher eine Täuschung.



In dem rotierenden Spiegel würden Sie sehen, daß sie niemals gleichzeitig da sind. Es ist nicht derselbe Funke, sondern es sind zwei Funken hintereinander. (Demonstration.) Es ist also die erste Aufgabe gewesen, die Funken zu genau gleichzeitigem Einsetzen zu bringen, und zwar müssen die Funken einsetzen mit, sagen wir, einer Zeitdifferenz von höchstens 1/50 Schwingungsdauer. Da aber die Schwingungsdauer von einem solchen System ungefähr derart ist, daß eine Schwingung eine millionstel Sekunde braucht,

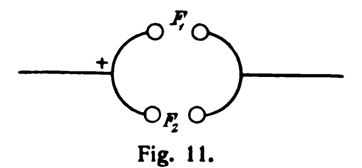


Fig. 11.

so heißt das: ich brauche eine Genauigkeit des Funkeneinsetzens bis auf ein fünfzig- oder ein hundertmillionstel einer Sekunde. Das ist leicht gesagt, bedenken Sie aber, daß ein Zeitraum von einhundertmillionstel Sekunde sich zu einer ganzen Sekunde verhält — ich habe es mir vorher ausgerechnet, sonst wüßte ich das nicht auswendig — wie eine Sekunde zu 3 Jahren, das heißt, ich verlange, daß die Funken zusammen gehen mit der Genauigkeit von zwei Uhren, die in drei Jahren nur eine Sekunde differieren; und bei den

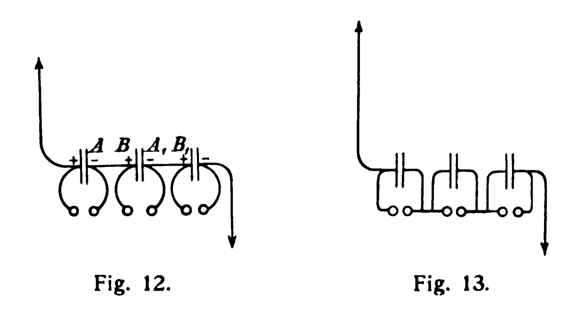


Fig. 12. Fig. 13.

Kreisen, die ich Ihnen nachher zeigen werde, geht die Sache sogar noch weiter. Sie gehen mit einer Genauigkeit von 1 Sekunde auf 10 Jahre zusammen.

Das wird verlangt, und ich habe im Jahre 1898 versucht, dies zu erreichen mit den Anordnungen der Figur 12 und der Figur 13. Hier wird eine Anzahl Kreise auf genau gleiche Schwingungszahl gebracht und noch außerdem mit einander verbunden. Gegen jede Entladung, welche in einem der Kreise erfolgt, ist dann der andere wegen der gegenseitigen Abstimmung sehr empfindlich, so daß man hoffen konnte, es werde mit dem ersten Kreise auch der zweite, der dritte und sofort zu schwingen

anfangen. Hatte man nun einen Kreis mit günstiger Oekonomie hergestellt, so konnte man die Zahl der Kreise verzweifachen, verdreifachen, vervierfachen und auf diese Weise die Energie steigern. Ich will Ihnen nun den Versuch an einem Modell zeigen. Hier sind (Fig. 14) sechs Liliput-Kondensatoren, die für bestimmte Zwecke konstruiert waren, nämlich sehr kleine Wellen zu machen. (Demonstration.) Sie sehen sechs Funken in einer Linie hinter einander, welche auch gleichzeitig zu kommen scheinen.

Die Anordnung war aber noch nicht zuverlässig genug, und da sie mich nicht befriedigte, so bin ich auf diese Frage zurückgekommen im Jahre 1902. Ich

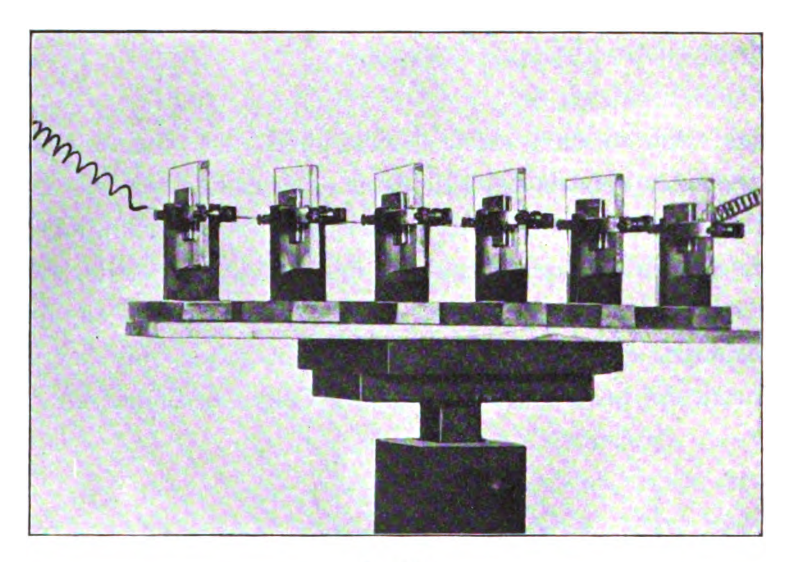


Fig. 14.

habe nun versucht, nach allen möglichen Richtungen hin, zu erzielen, daß die Funken absolut sicher einsetzten, aber es wollte nicht gehen, sodaß ich schon nahe daran war, zu sagen: ich komme mit den Funken nicht durch, die sind dickköpfiger, wie ich. Aber die Sache ließ mich nicht los, ich kam noch einmal auf die Versuche zurück, und nun auf einmal ging es, und zwar nach der folgenden, einfachen Methode (Fig. 15): Ich habe hier einen ersten Flaschenkreis, ich habe hier einen zweiten Flaschenkreis. Denken Sie die Bogen K_1 und K_2 zunächst weg, die zwei Flaschenkreise aber verbunden durch die großen Widerstände W_1 und W_2 (diese seien etwa feuchte Bindfäden). Die feuchten Bindfäden haben hinreichend gute Leitung, um zu bewirken, daß die durch sie verbundenen Teile auf genau gleiche Spannung kommen während der Ladung, welche von selber verhältnismäßig

langsam erfolgt. In beide Kreise sind gleiche Funkenlängen eingefügt und auch sonst ganz gleiche Verhältnisse hergestellt; die Funken könnten, wenn sie nicht eigensinnig wären, gleichzeitig überspringen, tun es aber nicht. Jetzt werden sie dazu gezwungen. Wir legen einen „Koppelungsbogen", wie wir ihn nennen, den Draht K_1 von einer Seite und einen ebensolchen K_2 von der anderen Seite her, und wenn wir diese zwei Koppelungsbögen recht kurz machen, so tritt — so ungefähr läßt sich die Wirkung der Koppelungsbögen darstellen

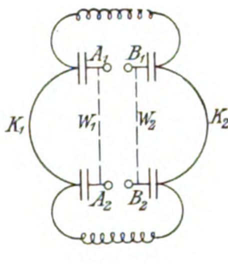


Fig. 15.

— das Folgende ein: Sobald der eine Funken einsetzt, gleitet sofort ein Stromimpuls über die Koppelungsbogen hinweg, dieser stört das elektrische Gleichgewicht an der anderen Funkenstrecke und bewirkt, daß nun zwangsweise auch der zweite Funke einsetzt — und mit dieser Anordnung ging es gut. Jetzt sprangen die Funken, wie ich wollte und nun habe ich sie natürlich tanzen lassen und habe mich darüber gefreut. Als ich den Dingen aber

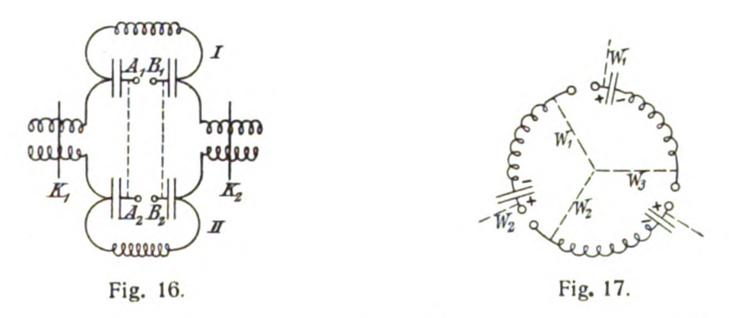


Fig. 16. Fig. 17.

näher ging, hatten sie doch ihre Mucken gehabt, und befriedigten mich auch noch nicht. Es stellte sich heraus, daß es so ist: die zwei Kreise sind so eng mit einander verbunden, daß, wenn ich aus einem dieser Kreise Energie herausnehme, sie sofort aus dem anderen Kreise nachgeliefert wird. Sie verhalten sich wie zwei ideal gute Brüder, wenn der eine Schulden macht, sofort bezahlt sie der andere. Wenn ich nun aber — und deshalb interessierte mich die Methode — die Koppelungsbögen verlängere (Fig. 16), dann ist der Weg der Elektrizität von der einen Funkenstrecke zur anderen länger, und

dann setzt immer der zweite Funken ein mit einer von mir gewünschten Zeitdifferenz. Nun kann ich bewirken, daß er nach 1/10 Schwingungsdauer, 2/10 Schwingungsdauer und so fort anfängt. Wir erhalten dadurch sogenannte phasenverschobene Schwingungen. Jetzt ist das Verhältnis übergegangen in ein akademisch-väterliches, wenn der eine Schulden macht, der andere Kreis bezahlt sie auch, aber doch mit etwas Phasenverzögerung. (Heiterkeit.)

Das Einfachste kommt natürlich immer zuletzt. Ich bin dann übergegangen zu der Schaltung Fig. 17. Hier haben Sie in dem Schema drei Kondensatoren, drei Verbindungsbogen, und die Kondensatoren werden in der folgenden Weise geladen; die drei ungeraden Belegungen sind durch große Widerstände W_1, W_2, W_3 untereinander und mit dem einen Induktor-

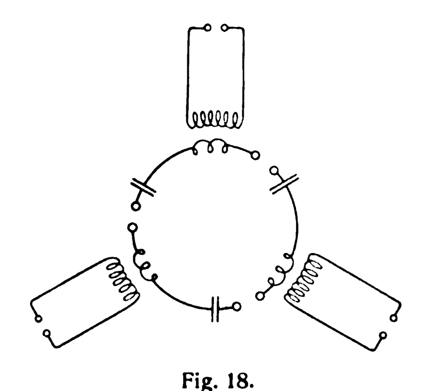


Fig. 18.

pol verbunden; ebenso die drei geraden Belegungen unter sich und mit dem anderen Pol. Die feuchten Bindfäden gestatten, daß man bei der Ladung die Kondensatoren gleich hoch ladet, aber sobald die Entladung einsetzt, so geht über die feuchten Bindfäden in der kurzen Zeit, welche die Entladung andauert, so gut wie keine Elektrizität weg. Die großen Widerstände sind also vorzügliche Mittel, um zu bewirken, daß man zwei oder mehr solche Kondensatoren gleichzeitig auf dieselbe Spannung laden kann, daß aber, sobald sie sich entladen, die Ladeschaltung automatisch außer Tätigkeit gesetzt ist. Die Kondensatoren seien jetzt alle gleich hoch geladen. Sobald nun ein Funke einsetzt, dann setzt hier zwangsweise der zweite und der dritte ein, die Kreise schalten sich von selber hintereinander, und nun kann ich aus jedem solchen Kreise (Fig. 18) induzieren auf einen offenen Kreis. Es hat sich gezeigt, daß die Tätigkeit der Funken sich genau so verhält, wie sie sich verhalten sollte. Ich will Ihnen die Erscheinung vorführen. Ich nehme zunächst einen einzelnen Kondensatorkreis; von ihm aus induziere ich auf ein Drahtpaar, welches in den Saal

hineingeführt ist — ich will es einen künstlichen Sender nennen — und Sie sehen die Funkenstrecke am Ende der Drähte spielen. Ich nehme jetzt drei solcher Kreise (schematisch Fig. 18, Ausführung Fig. 19), ich ordne ihnen drei künstliche Sender zu; jedes der Drahtpaare, das in den Saal hineingezogen ist, hat am Ende eine Funkenstrecke — und Sie sehen nun alle drei Funkenstrecken spielen. Wenn wir also jetzt mit einem Kreise an der Grenze des Erreichbaren angelangt sind, so können wir gleichzeitig noch einmal einen

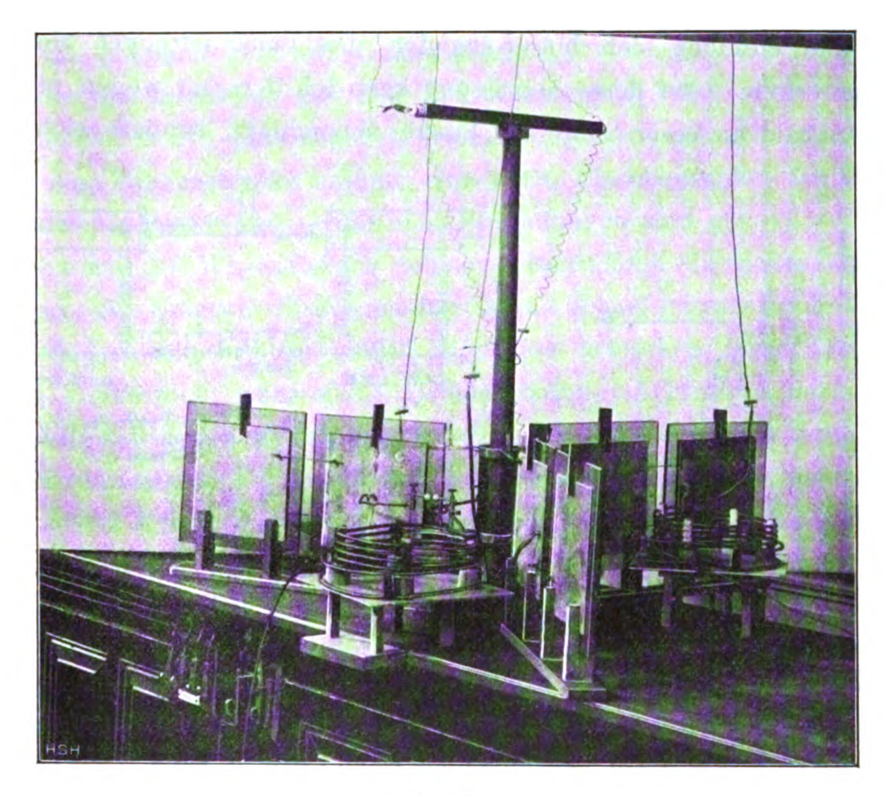


Fig. 19.

zweiten, dritten Kreis und so fort in Dienst stellen. Dieser einfache Versuch, genau ausgeführt mit allen Vorsichtsmaßregeln, bewies die Richtigkeit des Prinzips.

Ich will mich auf weitere Schaltungen, die sich hieraus ergeben, nicht einlassen. Nur eine sei noch berührt (Fig. 20), welche andeutet, wie man aus drei solchen Kreisen induzieren kann auf denselben Sender. Wir sind somit imstande entweder einen Sender sehr stark zu erregen — dann machen wir gewissermaßen ein einziges sehr intensives Licht, aber nur für kurze Zeit — oder wir können induzieren auf drei getrennte Sender, dann stellen

wir drei Lichter nebeneinander. Wir können die sogenannte Koppelung starr machen, dadurch senden wir große Energiemengen plötzlich hinaus. Wir können sie lose machen, dann bekommen wir für längere Zeit Schwingungen, das heißt also schwachgedämpfte, die nicht soweit reichen, dafür aber scharfe Abstimmung erzielen lassen.

Ich will Ihnen nun im Schema (Fig. 21) die Anordnung zeigen, wie sie auf der Station Oberschöneweide mit zwei Kondensatoren und zwei Funkenstrecken gemacht worden ist. Zwei Doppelkondensatoren werden parallel geladen und entladen sich hintereinander. Die Funkenstrecken sind noch einmal unterteilt. (Auf diese Anordnung kann ich der Zeit wegen nicht eingehen.) Sobald an einer Stelle der Funke überschlägt, schließt sich dieser

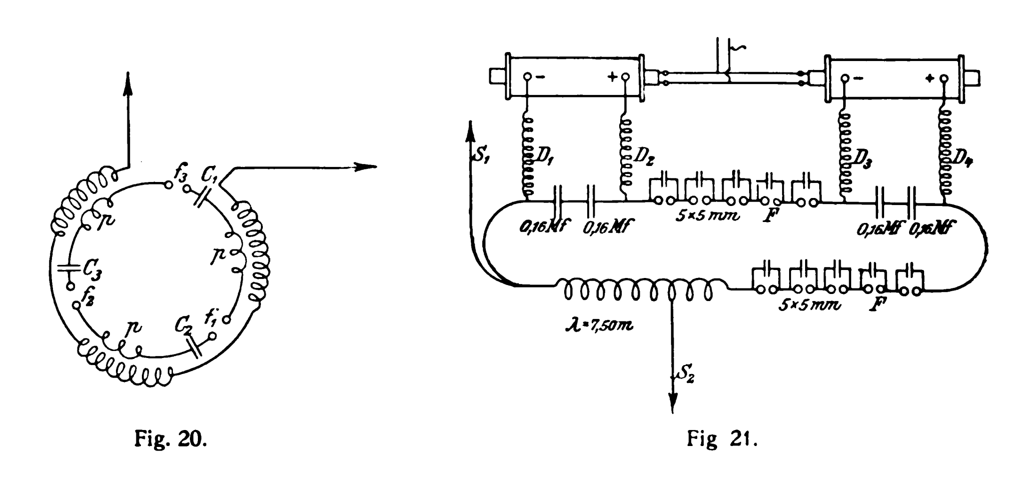


Fig. 20. Fig 21.

ganze Kreis in sich, und der Sender wird in direkter Schaltung aus dem Schließungsbogen auf Spannung erregt. Die Kapazität der Flaschen ist gleich der einer Kugel von 3 km. Eine solche Kugel würde etwa von hier, von der Technischen Hochschule, bis zum Brandenburger Tor reichen. Ich wollte nun einen Versuch mit einer derartigen Schaltung zeigen, bei den Vorbereitungen schlug aber ein Transformator durch, sodaß ich Ihnen nicht die von mir eigentlich gewünschte Schaltung vorführen kann.

Ich will aber diese Gelegenheit benutzen, Ihnen Methoden zu erörtern, welche die Technik gefunden hat, um die großen Elektrizitätsmengen, die zur Ladung der mächtigen Batterien erforderlich sind, herzustellen. Induktorien genügen dann nicht mehr, es sind Wechselstrommaschinen und Transformatoren erforderlich. Dadurch entsteht aber ein Übelstand. Die Induktorien lassen sich leicht so einrichten, daß sie nur wenige Entladungen pro Sekunde geben und diese zeitlich langsam auf einander folgenden Entladungen geben gute Schwingungen.

Der Wechselstrom dagegen bedingt etwa 100 Entladungen pro Sekunde; diese rasch folgenden Entladungen verderben die Funkenstrecke. Die erste Entladung liefert eine gute Schwingung, die darauf folgenden nicht mehr; die Funkenstrecke muß gewissermaßen erst wieder ausruhen und dazu reicht die kurze Pause nicht aus. Ich will Ihnen folgendes zeigen: Ich habe hier einen Flaschenkreis mit einer Funkenstrecke. Diese Funkenstrecke will ich betreiben zunächst mit einem Induktor. Wir erhalten gut getrennte Entladungen. Im rotierenden Spiegel sehen Sie die einzelnen Funken als helle Streifen scharf von einander getrennt (Demonstration).

Jeder dieser Funken gibt eine gute Schwingung. Ich weise Ihnen dies nach, indem ich den Flaschenkreis induzieren lasse auf eine zweite Spule, welche eine Funkenstrecke enthält. Bei jedem Flaschenfunken leuchtet auch der induzierte Funke auf — alle diese Entladungen sind gut.

Jetzt will ich Wechselstrom nehmen. Betrachten Sie wieder den Funken im rotierenden Spiegel. Sie sehen jetzt keine scharf getrennten Entladungen mehr, sondern ein breites, gelbes Band; Sie bemerken ferner, daß der induzierte Funke nicht mehr spielt (Demonstration). Achten Sie darauf: Jedes Mal, sobald ich den Wechselstrom unterbreche und von neuem schließe, entsteht e i n induzierter Funke. Die erste Entladung ist noch gut, sie findet eine unverdorbene Funkenstrecke vor; dann aber erlischt der induzierte Funke, alle folgenden sind schlechte Schwingungen. Die Wechselstrom-Technik hat nun einen sogenannten Resonanz-Induktor gebaut. Man kann mit Benutzung der Resonanz-Phänomene dafür sorgen, daß die Energie allmählich in den Flaschen sich ansammelt, und erst sobald sie in einer etwas längeren Zeit einen hohen Wert erreicht hat, sich mit e i n e m Funken ausgleicht. Wir wollen die Wechselstrommaschine nun laufen lassen und uns so einrichten, daß die Funken in langsamem Tempo kommen (geschieht), Sie hören (so ist es gut), daß die Funken nur einzeln kommen und nicht hundertmal pro Sekunde, und jetzt wollen wir mit der Unterbrechungszahl soweit hinaufgehen, als wir in einer Sekunde schaffen können (Demonstration; es werden über meterlange, armdicke Entladungen aus einer Spule gezogen).

Wenn ich noch ein paar Minuten sprechen darf? — (wird bejaht) — Als ich diese Versuche im Anfange dieses Jahres dem Naturwissenschaftlichen Verein in Straßburg zeigte, erlaubte ich mir am Schluß die Bemerkung: Jetzt kann ja wohl auf einer Station für drahtlose Telegraphie vielleicht die folgende Szene sich abspielen. Es kommt jemand herein: „Was wünschen Sie?“ — „Telegramm abgeben!“ — „Wie weit?“ — „170 km!“ — (Handbewegung des Beamten)



„Gut!". — Dann kommt ein zweiter: „Sie wünschen?" — „Telegramm aufgeben!" — „Wie weit?" — „750 km!" — Beamter ruft: „Register eins bis drei!". Dann ein dritter: „Was wünschen Sie?" — „I wish to telegraph for New York!" — „Well! — Alle Register ziehen!" — „Und Sie, gnädiges Fräulein?" — „Ich, nur 10 km, aber bitte, nur nach einer Richtung!" (Große Heiterkeit.) — „Bedaure, meine Gnädigste, das können wir noch nicht!" (Anhaltende Heiterkeit.) — In dem Wunsche dieser kleinen Schönen — daß das Epitheton zutrifft, schließe ich aus der Höflichkeit, mit der der drahtlose Beamte sie behandelt — in diesem Wunsche, sage ich, ist das Thema von dem gestellt, was ich eben noch erwähnen möchte.

Ist, kurz gesagt, eine Aussicht vorhanden, eine gerichtete Telegraphie zu erreichen? Natürlich gibt es prinzipiell zwei Möglichkeiten, entweder die

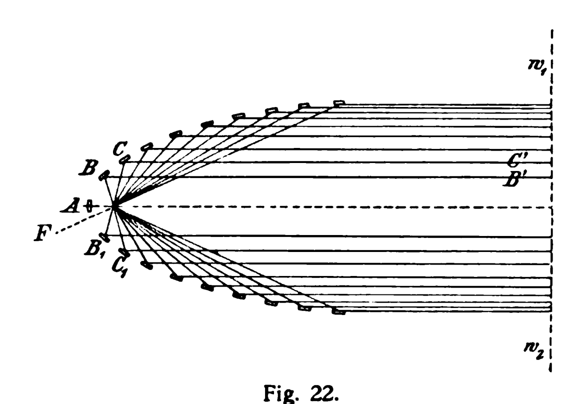


Fig. 22.

Empfangsstation richtet sich so ein, daß sie nur aus einer gewissen Richtung aufnimmt, — das würde also gewissermaßen ein Anvisieren der anderen Station sein — oder aber die Senderstation richtet sich so ein, daß sie bloß nach einer Richtung schickt, oder aber man kombiniert Beides. Bezüglich dessen, was mir bekannt ist über die erste Anordnung, muß ich auf den gedruckten Vortrag verweisen. Ich will mich bloß mit ein paar Worten noch zu der Frage wenden: Kann man nach einer Richtung hin Depeschen versenden, ist eine Möglichkeit dazu überhaupt denkbar? Nach der Wesenseinheit von Licht- und elektrischen Wellen natürlich unzweifelhaft. Aber wir geraten in eine praktische Schwierigkeit: Wir brauchen wegen der Größe der elektrischen Wellen Spiegel, welche nicht mehr zu beherrschen, nicht herzustellen sind. Wir könnten zwar den Hertzschen Spiegelversuch mit kleinen Spiegeln, wie es auch Marconi einmal vorgeschlagen hat, ver-

wenden, um die Schwingungen nur nach einer Richtung hinauszuschicken; dann müssen wir aber Wellen schaffen, welche so klein sind, daß daran die Sache scheitert, weil wir sie nicht stark genug bekommen. Es ist ein Kompromißvorschlag möglich, meiner Auffassung nach, in der folgenden Weise. Ich gehe aus von einem bekannten Versuche (Fig. 22). Nehmen Sie an, im Punkt F befinde sich eine Lichtquelle und F sei gleichzeitig der Brennpunkt eines Parabelspiegels. Dann bekommen Sie den Ihnen bekannten Reflektor, wie er hier zufällig für die Demonstrationen eines anderen Herrn in einem großen Modell steht. Sie können den Versuch auch noch anstellen, wenn Sie statt des zusammenhängenden Spiegels eine Anzahl spiegelnder Streifen nehmen, welche auf einer Parabel angeordnet sind. Der unterteilte Spiegel wird nicht mehr so günstig sein, aber im Prinzip wirkt er noch ebenso. Jetzt bringen Sie statt dieses leuchtenden Punktes in F einen Draht an, von dem elektrische Wellen ausgehen und behalten die auf der Parabel angeordneten Streifen bei. Nun ist der Vorgang der folgende: Von der elektrischen Brennlinie gehen Schwingungen nach allen Richtungen des Raumes aus. Eine Schwingung geht zu dem Streifen A und erregt ihn, setzt ihn in Schwingungen; eine zweite geht den Weg nach den beiden Streifen B und B_1 und erregt diese, eine dritte nach C und C_1 und so der Reihe nach fort. Die Streifen fangen nun an, selbständig zu schwingen (so dürfen wir uns den Vorgang der Reflexion vorstellen), aber sie schwingen mit Phasendifferenzen. Der erste A setzt zuerst ein, das Paar B und B_1 etwas später, das Paar C und C_1 noch etwas später. Wir bekommen nach außen wieder eine ebene Welle w_1 w_2 aus dem folgenden geometrischen Grunde: Die Strecke von F nach A und von da nach w_1 w_2 ist gerade so groß wie die Strecke von F bis B und von da bis w_1 w_2, und diese Streckensumme wieder ebenso groß, wie die von F nach C plus der von C bis w_1 w_2 usw. Mit anderen Worten: in w_1 w_2 kommen die Bewegungen alle wieder gleichphasig an und unterstützen sich. Nun ist die einfache Überlegung die: was wir optisch nicht machen können, können wir elektrisch machen. Wir können elektrisch jeden einzelnen Streifen als selbständige Quelle erregen, wir haben ja dafür die Methode vor uns gesehen, und wenn es nun noch gelingt, auch die Streifen in die notwendigen Phasenverschiebungen zu bringen, dann werden sie nach einfachen geometrischen Überlegungen ebenso wirken, wie ein reflektierender Spiegel, und so können wir von einer Anzahl selbständig leuchtender Punkte doch wieder eine einzige Welle erzielen, die nur nach einer Richtung fortschreitet. Das ist die einfache Überlegung von diesen Versuchen.



Wir haben auf dem Polygon in Straßburg mit der sehr liebenswürdigen Unterstützung der dortigen Militärbehörden im Herbste Versuche angefangen, nachdem die Laboratoriumsversuche soweit gediehen waren, daß wir uns der Methoden, beliebige Phasenverschiebungen herzustellen, sicher glaubten. Wir haben uns zunächst gesagt: Wir wollen anfangen mit einer einfachen, aber prinzipiellen Fragestellung. —

Wir wollen nicht die ganze Parabel nehmen; wir wollen bloß drei Punkte herausgreifen und diese drei Punkte in die Ecken eines gleichseitigen Drei-

$a = \frac{\lambda}{4}\quad \vartheta_2 = \vartheta_3 = \frac{\pi}{2}\cos 30 = \frac{\pi}{4}\sqrt{3} = 78{,}3^\circ$

Fig. 23.

$a = \frac{\lambda}{4}$

$\vartheta_2 = \frac{\pi}{2} = 90^\circ$

$\vartheta_3 = \frac{\pi}{4} = 45^\circ$

Fig. 24.

Ampl. von $1 = 1$ von 2 u. $3 = \frac{1}{2}$

$a = \frac{\lambda}{3{,}5}\quad \vartheta_2 = \vartheta_3 = \frac{\pi}{2}$

Fig. 25.

ecks stellen. Ich kann durch diese natürlich immer eine Parabel hindurchlegen; und so ist denn eine Anordnung entstanden, wie Sie hier sehen (Fig. 23—25). Hier in der einen Ecke steht ein Sender 1, in dieser Dreiecksecke ein zweiter 2, hier ein dritter 3. Nun ergibt die Rechnung das Folgende. Wenn wir gewisse Phasenverschiebungen machen, auf deren Größe ich nicht eingehe, so verteilt sich um dieses ganze Dreieck die elektrische Kraft in einer Form, wie sie durch die Radienvektoren der Kurve angegeben wird; das heißt in der Richtung A (Demonstration) ist die Wirkung am stärksten, in der Richtung B ist sie schwächer, nach C noch schwächer, und nach D ist sie sehr gering, wenn auch nicht vollständig gleich Null. Wenn ich das Dreieck ungeändert lasse und nur die Phasenverschiebungen etwas verändere, so kann ich bewirken, daß die Figur 24 herauskommt, die Hauptrichtung ist

um 30° verdreht. Wenn wir endlich die elektrischen Dimensionen wieder etwas ändern, so können wir das Bild Fig. 25 bekommen. Wir haben in der Richtung A das Maximum, nach D gar keine Wirkung. Sie sehen aber, wir haben einen wirkenden Streukegel nach einer Richtung hin, einen fast wirkungslosen nach der entgegengesetzten. Daran ist niemals zu denken, daß wir mit solchen Einrichtungen elektrisch die Vollkommenheit erreichen können, die optisch möglich ist. Wir behalten starke Streukegel. Einfach können wir aber das Folgende bewirken. Vorher war der Draht 1 in der Phase Null und die zwei anderen gegen ihn in Phase verschoben. Es genügt, daß wir eine Kurbel an einem Apparat umlegen, dann ist Draht 2 in der Phase Null und die beiden anderen gegen ihn verschoben. Dann dreht sich die Achse maximaler Wirkung um 120°; und wenn wir die Operation noch einmal machen, geht die Achse wieder um 120° weiter. Mit anderen Worten, wir können eine Art Blinkfeuer machen, welches einmal in der einen, einmal in einer anderen Richtung die Hauptwirkung gibt.

Lassen Sie mich, meine Herrschaften, noch einen Blick aus dem engeren Gebiete, welches ich besprochen habe, hinauswerfen in eine weitere Umgebung. Ich habe schon wiederholt gesagt, daß wir elektrische Wellen als Licht bezeichnen können. Wie liegen die Tatsachen? Aus dem Umstande, daß elektrische Wellen durch den luftleeren Raum sich ausbreiten mit Lichtgeschwindigkeit, schließen wir mit Maxwell, daß dies kein Zufall ist, sondern die Folge einer Wesensgleichheit; und daß elektrische Schwingungen allen Gesetzen der optischen folgen, ist experimentell durch Hertz bewiesen worden.

Dürfen wir nun auch umgekehrt das Licht ansprechen als elektrische Wellen? In dieser Beziehung gilt folgendes. Herr Professor Rubens von der hiesigen Technischen Hochschule hat vor ungefähr sieben Jahren gezeigt, daß man aus der Strahlung glühender Körper Wellen aussondern kann, welche wir unzweifelhaft als elektrische ansprechen dürfen. Diese Wellen wirken noch nicht auf das Auge, sie sind aber dem sichtbaren Lichte doch schon so nahe, daß das sichtbare Licht etwa die fünfte bis sechste höhere Oktave der von Rubens ausgesonderten Wellen darstellt. Daß aber auch das sichtbare Licht alle charakteristischen Eigenschaften elektrischer Wellen hat — dieser Beweis ist mir vor einiger Zeit gelungen. Für den Physiker lag darin nichts überraschendes, denn daß der Beweis einmal kommen würde,

das war ganz sicher. Aber wenn wir irgend eine Erscheinung, die wir noch niemals gesehen haben, auch mit absoluter Sicherheit erwarten, und die Erscheinung tritt ein, so wirkt sie trotzdem überraschend und anregend, — und so war es auch hier. Der Beweis war erwartet, die Methode aber, mittels deren er geführt wurde, die neue Eigenschaft, die man beim Licht immer schon vermutet, aber noch niemals bewußt beobachtet hatte, wirkte befruchtend. Diese Tatsache führte sofort weiter und eröffnete ihrerseits wieder eine Methode, durch die es uns gelingt, Strukturen in organischen Geweben nachzuweisen, die so fein sind, daß die besten Mikroskope ihnen gegenüber an der prinzipiellen Grenze ihrer Leistungsfähigkeit angelangt sind. Mit anderen Worten, wir können in pflanzlichen und tierischen Geweben Partien nachweisen, die unter den stärksten Mikroskopen als absolut gleichmäßige Flächen erscheinen und keine Spur von Differenzierung zeigen; und trotzdem gestatten die neuen Methoden nachzuweisen, daß sich hinter dem gleichmäßigen Bilde noch feinere Strukturen verbergen. Wir können die Stellen sehen, welche von faseriger Struktur durchzogen sind. Es ist mir sogar gelungen, zwei sich kreuzende Fasersysteme nachzuweisen und zu trennen, wir können auch schon einen ungefähren Schluß machen auf die Feinheit der Fasern. Das ist also ein Resultat, welches voraussichtlich weitgehende, praktische Konsequenzen zieht aus einer, wenn auch zunächst ganz interessanten, aber doch nicht überraschenden Erkenntnis. — Das wir auch die optische Doppelbrechung von Kristallen nachweisen können durch eine räumliche Anordnung von isotropem Material, daß wir auf diese Weise vielleicht überhaupt um den Begriff einer Anisotropie in der Materie herumkommen und sie bloß auf eine räumliche Anordnung reduzieren können, sei als weiteres Resultat ähnlicher Versuche erwähnt. Und so schließe ich zusammenfassend: Die elektrischen Wellen, welche heute schon berufen sind, große Abmessungen unseres Erdballs zu überbrücken, sie gestatten auch einen Einblick in die submikroskopische Welt kleinster Gebilde. (Lebhafter anhaltender Beifall.)

Diskussion.

Herr Dr. Beggerow-Berlin:

Ich möchte an Herrn Professor Braun einige Fragen von wissenschaftlichem sowohl wie praktischem Interesse richten. Zuerst die nach dem Anteil, welchen die Erdoberfläche an der Fortleitung der elektrischen Wellen bei der drahtlosen Telegraphie hat.



Wenn dem reinen Physiker, welcher der funkentelegraphischen Praxis fern steht, zum ersten Male die Frage vorgelegt wird, wie er sich den Mechanismus der Fortleitung der Ätherwellen vorstellt, wird er sagen: „natürlich nach der Maxwell-Hertzschen Theorie". Ich habe hier einen Hertzschen Erreger, der erzeugt nur die Raumwellen, sie schnüren sich ab und wandern als selbstständige Gebilde in den Raum hinaus, sich gleichmäßig nach allen Seiten hin ausbreitend, sodaß die Wirkung umgekehrt proportional mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt. Es besteht da gar keine Schwierigkeit. Kommt dann dieser Physiker aber einmal auf eine Station und sieht den Betrieb, dann wird er mit Erstaunen gewahr, daß der tatsächliche Effekt den, welchen er nach seiner Theorie erwartet hatte, bei weitem übertrifft. Für den exakten Forscher ist das ein seltener Fall und mit einem etwas unheimlichen Gefühl verbunden, denn er ist gewohnt, daß die Erscheinungen hinter den Folgerungen aus seinen Theorien meist weit zurückbleiben.

Dieser Widerspruch zwischen der alt gewordenen Theorie und der Praxis war denn auch die Ursache, daß nach anderen Erklärungen gesucht wurde. Da ist vor allen eine, die viele Anhänger hat und die meines Wissens zuerst von einem deutschen Forscher ausgesprochen wurde, nämlich folgende: „Wir haben es bei der drahtlosen Telegraphie garnicht mit Ätherwellen zu tun, sondern mit Ladungsströmen auf der Erdoberfläche." Die Erde ist eine Kugel aus leitendem Material, die isoliert im Raume schwebt. Verbinde ich mit ihr den einen Pol einer Elektrizitätsquelle, z. B. einer Wechselstrommaschine, so wird sie abwechselnd positiv und negativ geladen und die hineingeschickten Elektrizitätsmengen breiten sich als Oberflächenströme über sie aus, aber nur dann, wenn ich dafür sorge, daß die entgegengesetzte Elektrizität am anderen Pol in jedem Moment in ein äquivalentes Leitersystem abfließen kann. Das schaffe ich mir mit dem isoliert aufgehängten Luftleitergebilde; je größer seine Kapazität ist, desto größere Elektricitätsmengen kann ich über die Erdoberfläche schicken. Daher dann auch das Bestreben, den Luftleiter möglichst voluminös zu gestalten. Marconi verwendet auf seiner Großstation in Poldhu ein trichterförmiges Drahtgebilde, das er an vier großen Gittermasten isoliert aufhängt.

Mir scheint eine vermittelnde Theorie die Tatsachen am besten zu erklären: Wir haben es tatsächlich mit Hertzschen Wellen zu tun, aber nicht mit freien, wie sie ein isoliert im Raume aufgestellter Erreger erzeugt. Bei den Anordnungen zur drahtlosen Telegraphie wird immer nur die eine Hälfte des Oszillators ausgebildet als Luftdraht; die korrespondierende wird durch Verbindung mit der Erde ersetzt, was bei Schiffsstationen sehr einfach durch Anlegen des Fußpunktes des Luftdrahtes an den Schiffskörper geschieht. Dadurch kommt nun keine vollständige Hertzsche Welle zur Ausbildung, sondern nur eine Halbwelle; die elektrischen Kraftlinien sind nicht mehr in sich geschlossen, sie enden vielmehr auf der leitenden Wasseroberfläche und erzeugen hier abwechselnd positive und negative Ladungen, die mit ihnen fortwandern. Sie sind also gewissermaßen an die Erdoberfläche gebunden, werden an ihr geführt, und ihre Zerstreuung in den Raum wird verhindert. Das erklärt denn auch die weitreichenden Wirkungen um die Erdkrümmung herum, die allein aus der Beugung der langen Wellen nach der Wellentheorie nicht erklärt werden kann. Wir hätten danach also eine komplexe Erscheinung vor uns: Hertzsche Wellen und fortschreitende Erdladungen, die einen an die anderen gebunden. — Es wäre sehr interessant, Herrn Professor Brauns Ansicht hierüber kennen zu lernen.

Die zweite Frage, zu der ich Herrn Professor Braun sich zu äußern bitten möchte, steht mit der ersten in gewisser Beziehung, sofern sie die erwähnte Erdlandungstheorie zu unterstützen scheint. Sie ist die: In der modernen funkentelegraphischen Praxis, auf unseren Küstenstationen und Schiffen zieht man nicht mehr einen einzelnen Luftdraht als Strahler für die Wellen, man stellt jetzt zwei oder noch mehr Masten auf, zieht zwischen den Toppen horizontale Drähte und hängt an diesen eine große Anzahl von Drähten auf, die fächerförmig

unten vereinigt in das Stationshaus führen. Nun werden alle Drähte gleichzeitig erregt, alle beginnen ihre Schwingung im gleichen Moment. Da nun die Drähte einen gewissen Abstand von einander haben, so müßten nach bestimmten Richtungen hin sich Interferenzerscheinungen zeigen — am stärksten zwischen den Wellen der beiden äußersten Drähte —, wie man das an bestimmten Punkten in der Nähe der beiden Zinken einer Stimmgabel beachten kann, die Wirkung müßte nach diesen Richtungen hin schwächer sein. Dem scheint nun aber nicht so zu sein, und dadurch erhält die Erdladungstheorie eine starke Stütze; z. B. müßte die Interferenzwirkung der Marconi-Station in Poldhu beträchtlich sein, und die Reichweite infolgedessen nicht groß, denn die Drähte sind zwischen den Gittermaasten weit gespreizt. Tatsächlich geht aber die Wirkung über den Ozean; dieser Erfolg Marconis ist unanfechtbar. Welche Ansicht hat Herr Professor Braun hierüber? —

Herr Universitätsprofessor Dr. F. Braun-Straßburg:

Sie setzen mir die Pistole etwas auf die Brust, und ich weiß da auch nichts Rechtes zu sagen. Ich muß allerdings hinzufügen, ich habe mich mit den speziellen Arbeiten über diese Frage nicht beschäftigt, ich habe z. B. die Flemingsche Arbeit nicht gelesen, ich habe bloß davon gehört, daß man sie nicht für korrekt hält. Was ich nur sagen dürfte, falls es Interesse hat: meine Privatansicht war immer die, daß die Erde keinen direkten Einfluß hat, und zwar schien mir das hervorzugehen aus der Tatsache, daß wir doch jahrelang ohne Erdverbindung gearbeitet haben und zu guten Resultaten gekommen sind. Poincaré, der ja unzweifelhaft theoretische Autorität ist, hat in seinem kleinen Büchelchen behauptet: ohne Erdverbindung würde ich mit dieser Anordnung garnicht weit gekommen sein. Nun, da spricht die Tatsache dagegen. Nun ist aber die Poincarésche Ansicht offenbar auch nicht so strikte aufzufassen als sie klingt, oder er hat sich schlecht ausgedrückt. Es ist ihm da wohl ein kleines Übersehen passiert. Es handelt sich nicht um das eigentliche Anlegen des Senders an die Erde. Man muß zwei Dinge unterscheiden. Das eine, was wir elektrisch am Sender machen, wenn wir ihn an die Erde legen, das ist klipp und klar. Wenn wir eine wohl definierte, gut leitende Erde haben, so schaffen wir damit einen Knoten, und dann ist der Sender damit definiert. Von dieser Frage, die sich auf Ort und Stelle bezieht, ist aber die weitere Frage unabhängig: geht nun die Welle wirklich mit einer Art Gleitung über den Boden weg? Was mir dafür zu sprechen scheint, ist das Folgende. Ich sehe nicht ein, wie man ungezwungen blos durch Beugung erklären sollte, daß die Wellen so große Strecken über den Erdboden weglaufen, wo die Krümmung doch schon bedeutend wird. Aber es ist ohne einen Vergleich von Rechnung mit messenden Versuchen nichts Sicheres zu sagen. Messende Versuche auf diesem Gebiete haben wir aber, von einigen Tissotschen Angaben abgesehen, nicht, weil wir keinen Apparat besitzen, der für größere Entfernungen eine Messung gestattet. — Deswegen bin ich in letzter Zeit doch mehr und mehr zu der Ansicht gekommen, daß eine derartige Gleitung über den Boden stattfinden könnte. Dafür spricht auch z. B. folgendes. Marconi hat schon früher angegeben, wenn man einen Draht in die Höhe stellt mit einem Sender, dann braucht man bis zu Entfernungen von ein paar Kilometern keinen Empfänger, der in die Höhe geht, man braucht nur Drähte ins Wasser hineinzuführen, und zwischen diese den Kohärer zu legen, dann spricht der Kohärer an. Den Versuch habe ich nachgemacht, und er hat sich bestätigt; es hat sich auch gezeigt, es ist nötig, daß der Sender da ist. Läßt man den Vertikaldraht weg, so fällt auch die Empfangswirkung fort. Sofern also die quantitativen Verhältnisse die gleichen blieben, wäre daraus zu schließen, daß es nicht genügt, am Fußpunkte die elektrischen Schwingungen zu erzeugen. Wir haben damals auch den Versuch gemacht, den Sender horizontal zu legen, und da war keine Wirkung zu beobachten. Also das würde dafür sprechen — der Versuch ist allerdings nicht mit dem vorigen vergleichbar — daß eine Gleitung an dem Boden



stattfindet. Was wieder dagegen sprach, ist nur das: ich meine, wenn die Wellen über Wasserflächen weggleiten würden, so müßte mehr von den Wellen absorbiert werden. Ich glaube, nach den Stefanschen Rechnungen würden sie in Süßwasser, bis sie praktisch keine Intensität mehr hätten, bis auf $1^1/_3$ m eindringen und in Salzwasser bis ungefähr auf $^1/_3$ m. In Salzwasser, wo man gerade sehr viele Erfahrungen hat, daß da die Wellen sehr gut darüber hinweggehen, meine ich, sollte eine stärkere Absorption eintreten, als man beobachtet hat. Ich habe über die Frage mit Dr. Zenneck gesprochen, der theoretisch sehr gut orientiert ist und auch praktisch die Sache kennt, der meinte, daß für die hier vorliegende Art der Fortpflanzung die Absorption nicht dermaßen in Betracht käme. Ich weiß mich aber der Gründe nicht zu entsinnen, kann also darüber nichts sagen. Ich weiß nur daß eine: nach unseren Versuchen, wo wir einfach zwei Drähte in den Boden oder in Wasser hineinsenkten und schnelle Schwingungen dem Wasser zuführten, um den sogenannten Skineffekt zu benutzen, machte sich die Absorption so stark geltend, daß wir im Seewasser mit allerdings geringen Kräften auf ca. 3 km Zeichen übertragen konnten. Man wird größere Entfernungen erreichen können, das Ganze machte aber doch den Eindruck, daß keine großen Aussichten vorhanden seien.

Mehr wüßte ich leider für den Augenblick nicht zu sagen.

Was die andere Frage betrifft, so glaube ich — aber ich kann nicht dafür garantieren, daß das richtig ist — es kommt wesentlich in Betracht, daß die Wellen, mit denen gearbeitet wird, außerordentlich lang sind. Wenn man derart starke Ausstrahlungsgebilde hat, ist es nicht mehr nötig, daß das Gebilde auf Resonanz ist mit dem Erreger. Da habe ich nicht mehr den Versuch, den ich vorhin zeigte, wo ich eine Stimmgabel auf ein Resonanzrohr wirken ließ, sondern da habe ich einfach diesen Versuch: (Redner schlägt eine Stimmgabel an und hält sie einmal in die Luft, das andere Mal setzt er sie mit ihrem Stiel auf den Tisch). Jetzt schlage ich die Stimmgabel an, ich halte sie in der Luft, Sie hören sie nicht. Ich setze sie auf den Tisch, Sie hören sie laut. Ich halte sie auf irgend eine große Unterlage, sie braucht nicht abgestimmt zu sein, und das Ganze tönt doch stark nach außen. Die Unterlage ist so stark gedämpft, daß Abstimmung illusorisch ist, sie kommt in erzwungene Schwingungen und gibt die Energie an den Raum ab. |Es kann theoretisch noch in Betracht kommen, daß innerhalb der ersten viertel Wellenlänge die gewöhnlichen Ausbreitungsgesetze nicht gelten; man kommt ja auf unendlich große Fortpflanzungsgeschwindigkeiten.

Herr Dr. Beggerow-Berlin.

Ich habe dann noch eine Frage, die sich speziell auf das bezieht, was uns vorgetragen wurde; welchen Einfluß hat die Verschiedenheit der Koppelungsgrade der einzelnen Transformatoren bei der Energieschaltung auf die Ausbildung der Schwingung im gemeinsamen Luftdraht?

An ein und denselben Luftdraht sind die verschiedenen Schwingungskreise durch Transformatoren angeschlossen. Luftdraht und Schwingungskreise müssen alle auf die gleiche Schwingung abgestimmt sein. Nun ist der Schwingungszustand des Luftdrahtes aber auch noch abhängig von der Stärke der Koppelung mit dem Erregerkreise; im allgemeinen entstehen in ihm zwei Schwingungen, die um so weiter von einander differieren, je fester die Koppelung ist. Je loser diese wird, desto näher rücken sie einander und fallen schließlich, wenn die Koppelung lose genug geworden ist, zusammen; es entsteht dann nur noch eine Schwingung. Welchen Effekt hat denn nun eine mehr oder weniger große Verschiedenheit der Koppelungsgrade der einzelnen Transformatoren bei der Energieschaltung? Jeder Schwingungskreis müßte ein eigenes Schwingungspaar im Luftdraht erzeugen und man erhielte als Summenwirkung aller einzelnen Schwingungen eine einzige, stark verzerrte im Luftdraht, die die von der Energieschaltung erhoffte Verstärkung nicht bringen kann. Für



die Praxis ist es von Wichtigkeit zu wissen, wie stark die Abweichungen der Koppelungsgrade untereinander sein dürfen, ohne daß dies eintrifft.

Herr Universitätsprofessor Dr. F. Braun-Straßburg:

Man hat dann ein in sich geschlossenes System und drei Spulen, auf die übertragen wird. Wenn von den drei Sekundärspulen jede verschiedene Koppelung hat, so werden vier Schwingungen im ganzen im System auftreten, und zwar in jedem Teil des Systems vier Schwingungen, aber mit verschiedenen Intensitäten. Wieweit das die Sache praktisch beeinflußt, das kann ich bisher nicht übersehen. Ich glaube aber, es hat keine technische Schwierigkeiten, die Koppelung so genau gleich zu halten, daß die Sache über das Gebiet des theoretischen Interesses nicht hinausgehen wird.

Herr Dr. Eichhorn-Berlin:

Ich glaube aus den Ausführungen des Herrn Professor Braun entnehmen zu können, daß die in der Technik bekannten Methoden, die Transformationen bedingen, für die schnellen Oszillationen, wie sie bei der Wellenenergie zur Anwendung kommen, versagen. Darf ich Herrn Professor Braun bitten, diese Sache etwas zu erörtern.

Herr Universitätsprofessor Dr. F. Braun-Straßburg (Schlußwort):

Ja, die Sache liegt da so: in der Technik sind längst gut ausgebildete Methoden bekannt, um Phasenverschiebungen herzustellen. Diese versagen für die schnellen Schwingungen allerdings. Es ist aber sehr schwer zu sagen, warum. Dem Fachmanne ist es leicht mit wenig Worten aus den Differentialgleichungen zu erklären. Aber ich glaube nicht, daß damit hier viel genützt ist. Im wesentlichen, praktisch gesagt, kommt es auf folgendes hinaus. Man muß Ohmsche Widerstände einführen in einen Schließungsbogen, und diese Widerstände müssen groß sein gegenüber dem, was die Technik induktive Widerstände nennt. Diese induktiven Widerstände wachsen aber mit der Wechselzahl ganz außerordentlich, und wenn ich auf eine Wechselzahl von einer Million komme, so überwiegen die induktiven Widerstände praktisch vollständig. Will ich dann doch noch mittels Ohmscher Widerstände Phasenverschiebungen machen, so vergeude ich so viel Energie, daß man praktisch nicht weit damit kommt. Wir haben tatsächlich die ersten Versuche, um phasenverschobene Schwingungen herzustellen, mittels solcher Methoden gemacht, aber sie versagen, weil ein außerordentlicher Energiekonsum damit unvermeidlich verbunden ist.

Ich schließe nun mit dem Ausdrucke herzlichen Dankes für das große Interesse, das mir entgegengebracht wurde. (Lebhafter Beifall.)

Der Ehrenvorsitzende, Seine Königliche Hoheit der Großherzog von Oldenburg:

M. H., wir sind Herrn Professor Braun um so mehr für seinen klaren Vortrag zu Dank verpflichtet, als er nebst Geheimrat Slaby unermüdlich dafür gekämpft hat, daß die Funkentelegraphie nicht von einer einzigen Persönlichkeit monopolisiert und als Spekulationsobjekt benutzt wird. Wie wichtig die Funkentelegraphie heute schon ist, sehen wir jeden Tag an den Berichten, die von dem Kriegsschauplatze in Ostasien kommen, und auch in Südwestafrika hat sie sich gut bewährt. Hoffen wir deshalb, daß die deutsche Forscherarbeit auf diesem Gebiete zu unserem Besten weiter fortschreiten möge.

XI. Die neuesten Konstruktionen des Torsionsindikators und deren Versuchsergebnisse.

*Vorgetragen von H. **Föttinger**.*

Vor zwei Jahren hatte ich die Ehre, an dieser Stelle über eine Reihe neuer Meßanordnungen zur experimentellen Bestimmung der tatsächlichen Drehkräfte und Effektivleistungen großer Schiffsmaschinen vortragen zu können.

Von diesen Meßanordnungen hat namentlich der von mir als „Torsionsindikator“ bezeichnete Apparat inzwischen weitere Ausgestaltung erfahren und bei jeder Anwendung interessante und neue Einblicke in die dynamischen Verhältnisse der Schiffsmaschinen-Anlagen gegeben.[1]) Wenn auch die neuen Ausführungsformen der Erfindung im Verein mit den Versuchsresultaten an sich vielleicht Erwähnung verdient hätten, so schienen mir doch erst zwei Umstände eine tiefere Berechtigung zu ausführlichen Mitteilungen zu gewähren:

Erstens lassen sich alle in den neuen Konstruktionen verkörperten Ideen auch auf zahlreiche andere Apparate übertragen, welche technische Vorgänge auf rotierenden Wellen beobachten und nach außen mitteilen sollen z. B. alle Einschaltedynamometer; sie sind daher von allgemeinerer Bedeutung. Zweitens löst der Apparat die sehr aktuelle Frage der Leistungsbestimmung bei Turbinenschiffen, weshalb er bei dem beginnenden Kampfe zwischen Schiffsturbine und -Kolbenmaschine vielleicht eine Rolle spielen wird.

Es mag genügen, die Tatsache festzustellen, daß bisher die indizierten Dampfleistungen sämtlicher Schiffe mit Parsons- und Rateau-Turbinen bei den betreffenden Probefahrten aus Modellschleppversuchen errechnet worden sind, nachdem die ursprünglich verwendeten Federdynamometer auf der „Turbinia“ sich nicht bewährt hatten und ein anderer

---

[1]) Die neuesten Konstruktionen des Torsionsindikators, die sich von den früher von mir skizzenhaft angedeuteten, schematischen Entwürfen ganz beträchtlich unterscheiden, sind zum Patent angemeldet worden.



Weg zur direkten Messung der Turbinenleistung im Schiffsbetriebe nicht bekannt war.

Daß den so ermittelten Leistungs-, Kohlen- und Dampfverbrauchszahlen einige Unsicherheit anhaftet, würde man deutlich merken, wenn man unseren Reedereien vorschlagen würde, die garantierten Probefahrts-Leistungen neuer Kolbenmaschinenschiffe durch Modellschleppversuche, statt mit dem Indikator, zu bestimmen.

Für die ersten deutschen Turbinendampfer wurden daher seitens der Stettiner Maschinenbau-Aktiengesellschaft „Vulcan" auf meine An-

Torsionsindikator.
(Schematisch.)

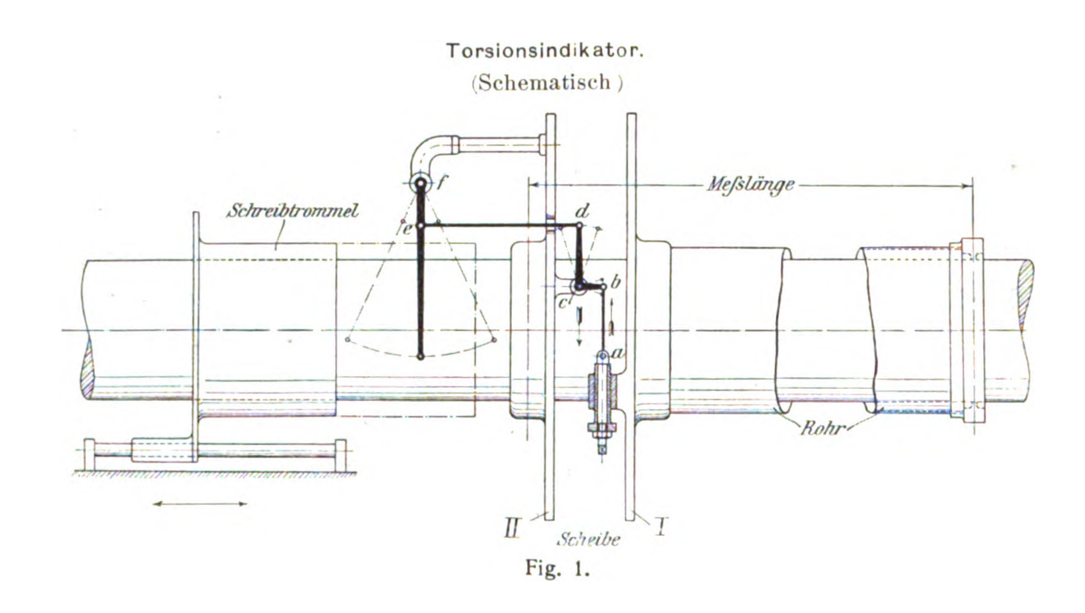


Fig. 1.

regung hin Torsionsindikatoren für die Leistungsmessung in Vorschlag gebracht und sowohl von der Kaiserlichen Marine, wie von der Nordseelinie im Einverständnis mit den Erbauern der Turbinen für die offiziellen Probefahrten genehmigt. Auf die betreffenden Apparate werde ich ausführlich zurückkommen.

Auch zu Untersuchungen wissenschaftlichen Charakters wird der Apparat demnächst dienen: Herr Prof. Dr. Eugen Meyer wird denselben im Festigkeitslaboratorium der Technischen Hochschule Charlottenburg zu dynamischen Festigkeitsuntersuchungen verwenden.

Zunächst möge des leichteren Verständnisses der Neukonstruktionen wegen,

Prinzip und Wirkungsweise des ursprünglichen Apparates

an Hand von Figur 1 kurz wiederholt werden:



Es wird die Tatsache benützt, daß auch die stärkste Welle unter dem Einfluß einer Drehkraft sich schon auf Längen von 1—2 m meßbar verwindet, wodurch zwei in den Endflächen liegende, ursprünglich parallele Radien unter einem kleinen Winkel gegeneinander geneigt werden. Nach dem Hookschen Elastizitätsgesetz ist dieser Winkel, oder der zu ihm gehörige Bogen, der sog. Verdrehungsbogen, bei allen Sorten geschmiedeten Eisens der wirkenden Drehkraft genau proportional.*)

Der Gedanke, aus den gemessenen Formänderungen rückwärts die ihnen proportionalen Kräfte zu bestimmen, war naheliegend, nachdem Federwagen, Manometer und Dampfindikatoren nach diesem Prinzip arbeiten und selbst die großen Festigkeitsmaschinen der Ingenieurlaboratorien in dieser Weise unter Verwendung sog. Kontrollstäbe geprüft werden.

Der Torsionsindikator enthält ein möglichst langes Rohr, das mit seinem einen Ende (Fig. 1, rechts) auf der Welle festgeklemmt ist, während das andere, freie Ende (links) eine Armscheibe I trägt, die einer auf der Welle direkt festgeklemmten Armscheibe II gegenübersteht. Das steife Rohr überträgt gewissermaßen die Bewegung des rechten Meßquerschnittes nach dem linken hin und läßt die bei jeder Verwindung der Welle eintretende Relativverdrehung der Querschnitte an den Umfängen der Armscheiben deutlicher erkennen.

Ähnlich wie nun beim Dampfindikator die elastische Verschiebung des freien Federendes zur Bewegung eines Schreibhebels dient, der die Federdehnungen vergrößert aufzeichnet, so wird hier die geringe Relativverschiebung der Scheibenumfänge zur Bewegung eines Hebelwerks benützt, das durch die ungleicharmigen Hebel b—c—d und f—e—g den kleinen Bogen der Relativverschiebung von 1,5—3 mm auf den 15—30-fachen Betrag vergrößert.

Meßrohr, Scheiben und Hebelwerk finden sich bei allen Torsionsindikatoren wieder und laufen mit der Welle, auf der sie sitzen, um. Dagegen ist die Art und Weise, wie der vergrößerte Verdrehungsbogen

*) Den Zusammenhang zwischen Drehmoment M (cmkg) und Verdrehungsbogen s (cm) spricht die bekannte Formel aus: $s = M \cdot \frac{L \cdot R}{G \cdot J_{pol}}$, in der

L (cm) den Abstand zwischen den Meßquerschnitten (die Meßlänge),
R (cm) die Länge des zum Bogen gehörigen Radius (den Meßradius),
G (kg/cm²) den Schubelastizitätsmodul des betr. Wellenmaterials, und
$J_{pol} = d^4 \frac{\pi}{32}$ das polare Trägheitsmoment (cm⁴) des Wellenquerschnittes bedeuten.



dem stillstehenden Beobachter mitgeteilt wird, sehr verschieden durchgebildet worden. Teils werden Diagramme selbsttätig aufgezeichnet, teils wird unmittelbar an einer Skala abgelesen.

Der ursprüngliche Apparat gehört zur ersten Kategorie mit Diagramm. Das Hebelwerk ist so angeordnet, daß der Schreibstift nach dem Wellenmittel hindeutet und den Verdrehungsbogen als Ausschlag in achsialer Richtung angibt. Zwischen Schreibstift und Welle wird nun eine stillstehende, konzentrisch die Welle umschließende Schreibtrommel auf einer Schlittenführung eingeschoben. Der Schreibstift umkreist daher die ruhende Trommel und zeichnet dabei über jeder Kurbelstellung den zugehörigen Verdrehungsbogen, d. h. die effektive Tangentialkraft, als Ordinate auf. Es entsteht eine dem Dampftangentialdiagramm vergleichbare Kurve, die sich bei jedem Maschinenumgange gleichartig wiederholt.

Die zur Seite (nach links) geschobene Trommel läßt sich gefahrlos mit Papier beziehen oder von dem sie umschlingenden Diagramm befreien. Ein in der schematischen Figur nicht angegebener, unbeweglicher Schreibstift zeichnet, entsprechend der atmosphärischen Linie der Dampfdiagramme, die Null-Linie auf jedem Diagramm an. Die genaue Lage derselben muß, da die Welle infolge der Reibungen im Stevenrohr immer unter Torsionsspannungen liegt, durch abwechselndes Vor- und Rückwärtsdrehen mit der Drehvorrichtung (wobei die Null-Linie zwischen den beiden Ausschlägen liegt) oder durch Abkuppeln der hinteren Wellen ermittelt werden.

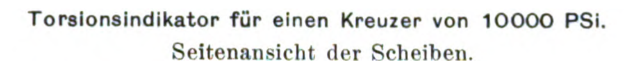
Die exakteste Bestimmung erhält man, indem man bei abgekuppelter Propellerwelle den Apparat mit gleicher Tourenzahl abwechselnd vor- und rückwärts laufen läßt.

Zur Bestimmung der effektiven Drehkräfte und Leistungen aus dem Torsionsdiagramm ist die Kenntnis des genauen Vergrößerungsverhältnisses der Hebel nötig. Dasselbe wird dadurch ermittelt, daß man mit Hilfe der Mikrometerschraube bei a eine genau bekannte Relativverschiebung von Punkt a gegen Scheibe II herstellt und dieselbe mit dem zugehörigen Schreibstiftausschlage vergleicht. Die Ermittelung der Null-Lage und der Vergrößerung geschieht in der beschriebenen Weise bei allen Torsionsindikatoren.

Durch die feststehende Schreibtrommel wurde die Frage, wie das Diagramm aus dem Bereich des rotierenden Apparates in die Hände des Experimentators gelangt, mit seltener Einfachheit gelöst; bei Wellendurchmessern über 350 mm jedoch erhält das die Welle umspannende Diagramm



unhandliche Längen und im Zusammenhange damit wird die Gleitgeschwindigkeit der Schreibstifte verhältnismäßig hoch.



Torsionsindikator für einen Kreuzer von 10000 PSi.
Seitenansicht der Scheiben.

Fig. 3.

Für die bedeutend größeren Tourenzahlen und Wellendurchmesser der neueren Ausführungen wurden daher andere Anordnungen gewählt.

Dem ursprünglichen System am nächsten steht der

Torsionsindikator für einen Kreuzer von 10000 PSi,

welcher in den Figuren 2—7 dargestellt ist. Der Wellendurchmesser betrug 310 mm, die Meßlänge 2200 mm, der Meßradius 350 mm. Die Scheibenarme und Hebelwerke sind doppelt ausgeführt.

Fig. 3 und 4 lassen die Konstruktionsdetails erkennen.

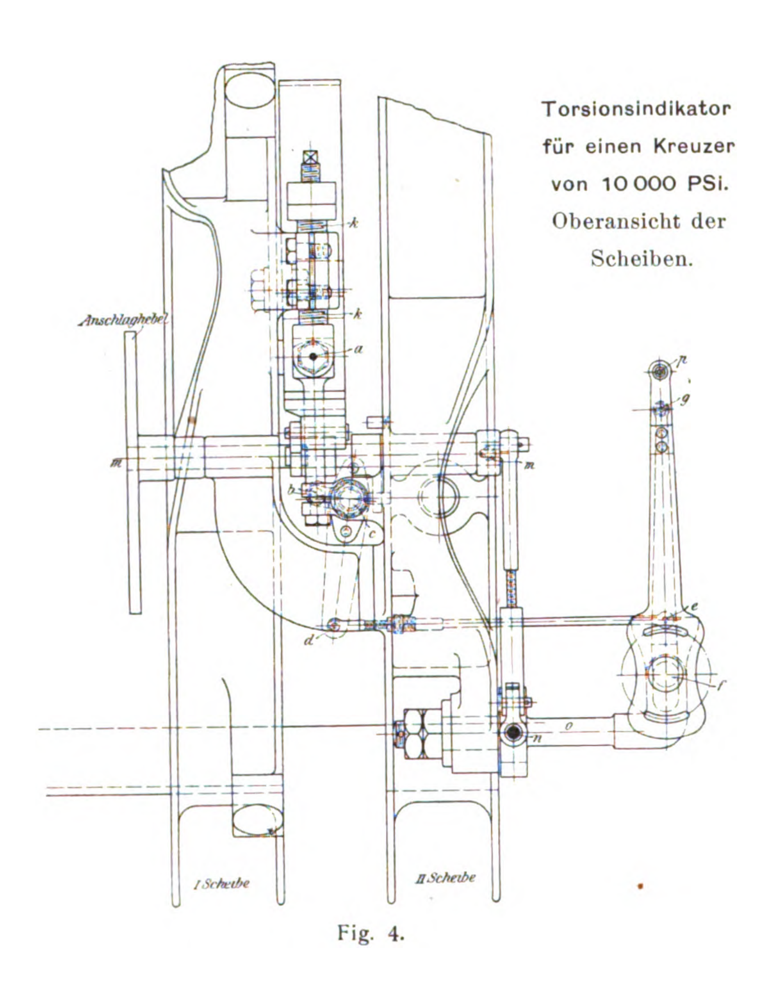


Fig. 4.

Die Zentrierung des freien Rohrendes durch einstellbare Rollen r, das Hebelwerk a, b—c—d, f—e—g für ca. 18fache Vergrößerung, der feste Nullstift p entsprechen im wesentlichen der früheren Anordnung. Zur Arretierung des Hebelwerks nach der Diagrammentnahme und zum Abheben der Schreibstifte vom Papier dienen doppelarmige Anschlaghebel, die bei Auftreffen auf den innern bezw. äußern Daumen einer am Schiffe gelagerten, von Hand stellbaren Steuerwelle sich um ca. 90° drehen. Dabei wird durch die Kurbelwelle m—m einerseits der konische Zapfen a (s. Fig. 3) gelöst und der kinematische Zusammenhang des Hebelwerkes mit Scheibe I unterbrochen,

andrerseits die Schreibstiftlagerung n—o um einen kleinen Winkel nach außen gedreht.

Das Prinzip der völlig geänderten Schreibtrommelanordnung erläutert Fig. 5 schematisch. Das auf der Maschinenwelle festgekeilte Zahnrad q treibt die Vorgelegewelle r—s und diese die um die Welle lose gelegte Trommel an. Die Übersetzungsverhältnisse werden so gewählt, daß die absolute Tourenzahl der Trommel um $^1/_2$ oder $^1/_3$ oder $^1/_4$ u.s.w. größer oder kleiner als die Tourenzahl der Maschinenwelle ausfällt. Relativ zur Welle und den mit ihr rotierenden Schreibstiften dreht sich die Trommel daher erst innerhalb 2, 3, 4 Maschinenumgängen einmal vollständig um, während dies beim ursprünglichen Apparat schon nach 1 Umgang der Fall war.

Rotierende Differential-Schreibtrommel für verminderte Schreibgeschwindigkeit.
(Schematisch.)

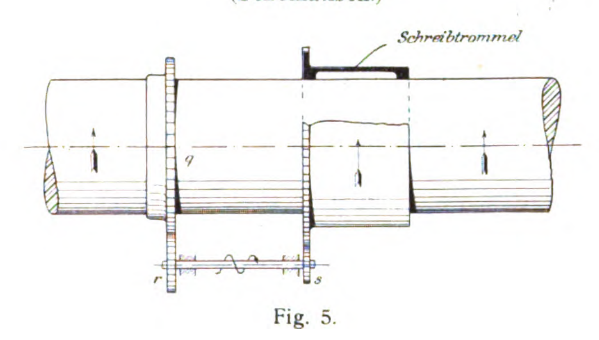


Fig. 5.

Bei der tatsächlichen Ausführung nach Fig. 6 geschieht dies nach 4 Maschinenumgängen, sodaß die volle Diagrammlänge die Kurven von 4 Touren nebeneinander enthält.

Zum Aufziehen des Papiers muß die Trommel zunächst aus dem Bereiche der rotierenden Teile gebracht und stillgesetzt werden; andrerseits soll sie stoßfrei und allmählich auf ihre Tourenzahl gelangen. Die Lösung dieser Aufgaben gelang durch die Kombination von Reibungs- und Stiftkuppelungen mit dem auf der Vorgelegewelle verschiebbaren Zahnrade u, und zwar vollziehen sich die Operationen automatisch beim Drehen der Schraubenspindel i. Beim Kurbeln nach rechts führt Gleitstück y den äußeren Konus des Zahnrads u in den Hohlkonus einer am Rahmen z—z festgeschraubten Schale S, wodurch sich das Zahnrad u und die mit ihm ständig wandernde Trommel selbsttätig festbremst. Beim Kurbeln nach links drückt Gleitstück y den inneren Konus von Zahnrad u über die mit der Vorgelegewelle stetig umlaufende, konische Scheibe t, wodurch die Trommel rasch auf ihre

Tourenzahl gebracht wird. Um jedoch auf dem Diagramm zur Orientierung irgend eine Kurbelstellung, z. B. „Hochdruck oben“, markieren zu können,

Torsionsindikator für einen Kreuzer von 10 000 PSi. Differential-Schreibtrommel für verminderte Schreibgeschwindigkeit.

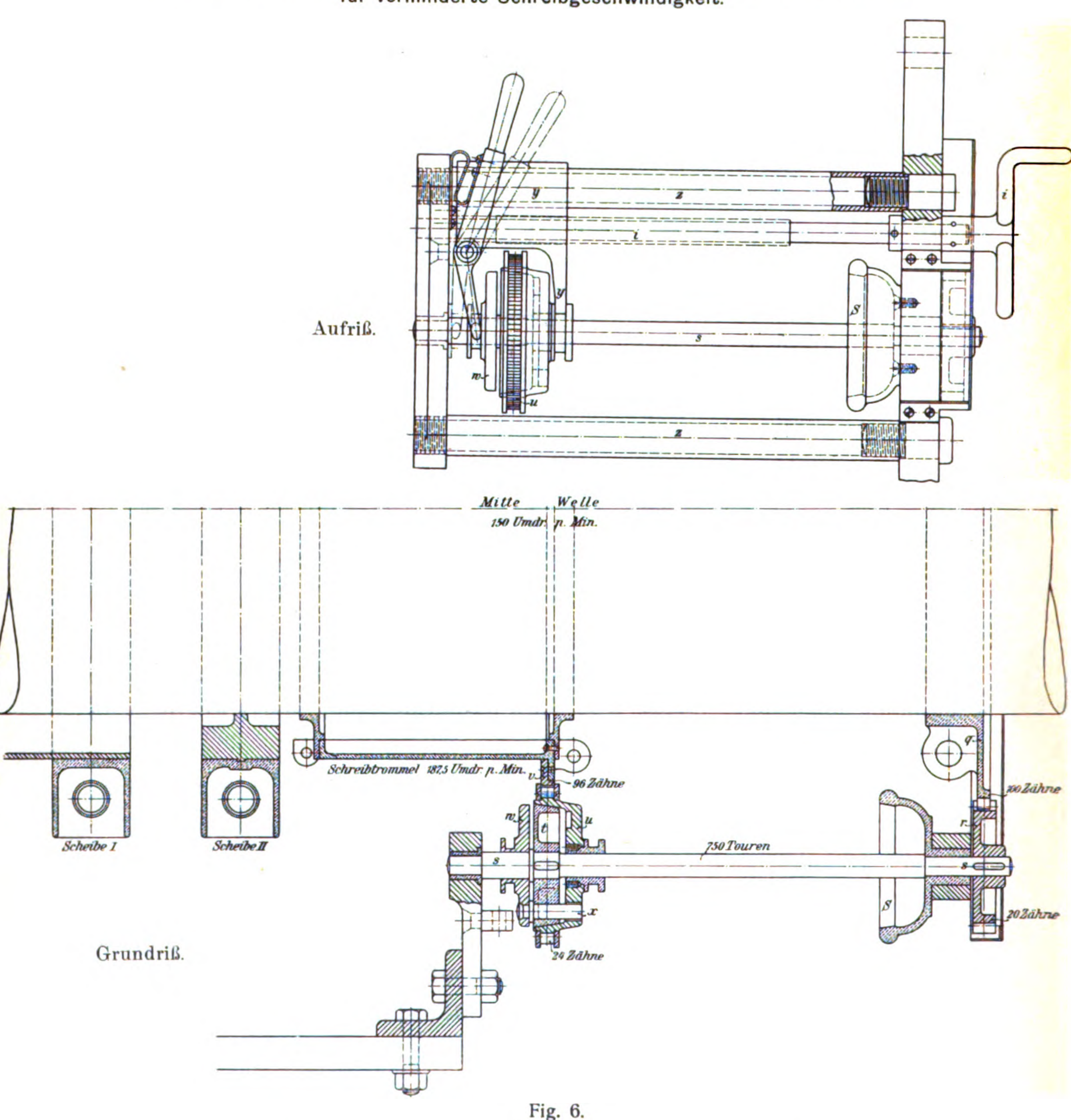


Fig. 6.

muß die Trommel beim Wiedereinkuppeln eine ganz bestimmte Lage gegenüber den Kurbeln erhalten.

Diesem Zweck dient die mit t verbundene Stiftkupplung w—x, die nach leichtem Anlüften von Zahnrad u durch einen Hebel eingerückt und nach der Diagrammentnahme durch eine Feder selbsttätig ausgerückt wirkt.

Erwähnung verdienen vielleicht noch die Schreibstifte Fig. 7. Die ältere Anordnung gab auf der Vorprobefahrt von ca. 130 Touren ab, infolge

Torsionsindikator für einen Kreuzer von 10 000 PSi.
Schreibstifte.

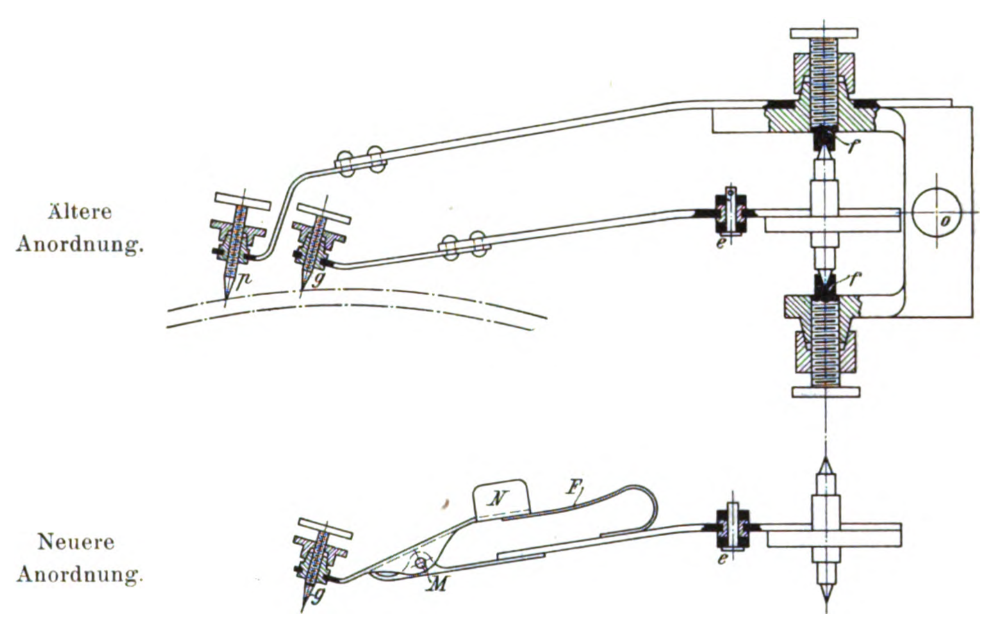


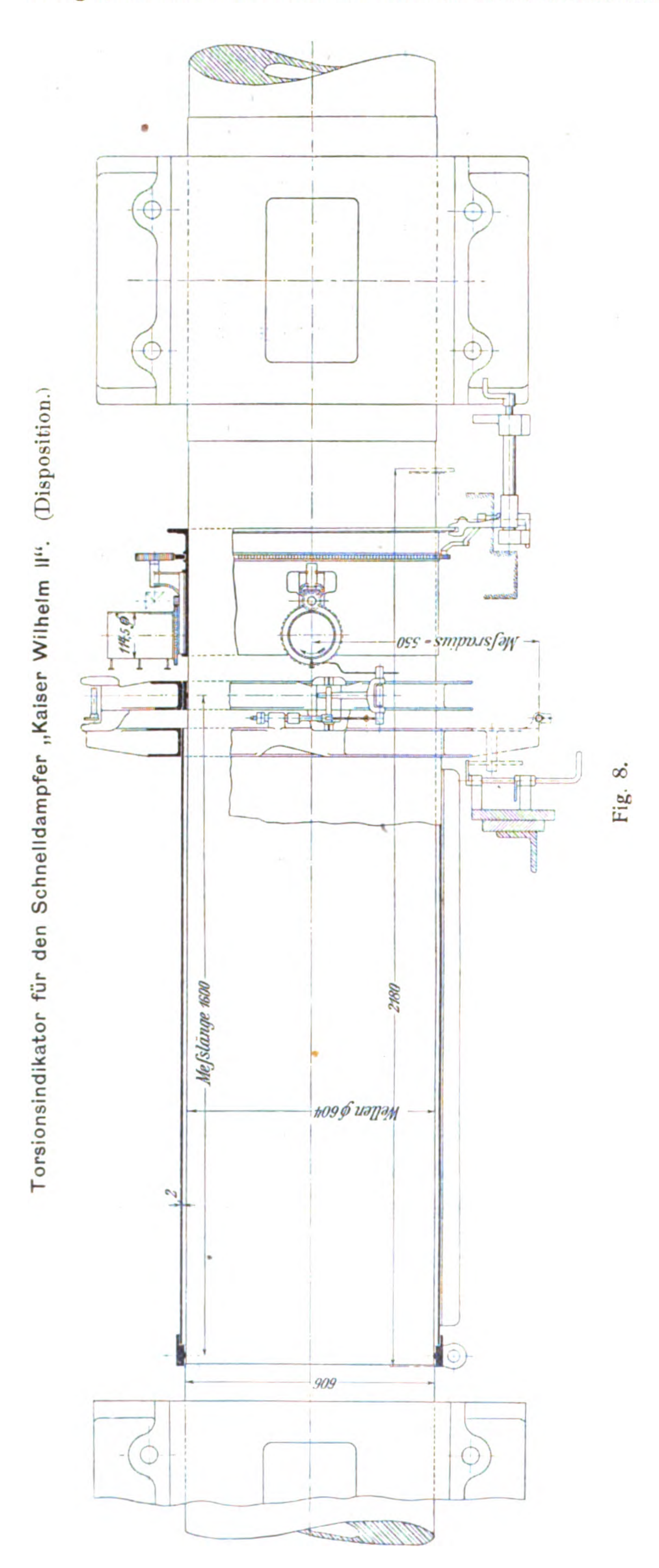
Fig. 7.

der starken Erschütterungen der Welle, statt einer Diagrammlinie nur mehr einzelne Punkte, während die neue Anordnung sich auch noch bei der Maximaltourenzahl 154 bewährte. Schreibstift g saß dabei auf einer bei M gelagerten Wippe und wurde durch die Zentrifugalkraft des kleinen Gegengewichts N bei steigender Tourenzahl immer stärker auf das Papier gedrückt.

Ganz besondere Schwierigkeiten für die Konstruktion bot der

Apparat für den Schnelldampfer „Kaiser Wilhelm II.“ (Fig. 8—12.)

Die Meßlänge mußte hier wegen der geringen Lagerentfernungen auf 1600 mm, also auf den 2,7 fachen Betrag des Wellendurchmessers von 604 mm beschränkt werden.



Torsionsindikator für den Schnelldampfer „Kaiser Wilhelm II". (Disposition.)

Fig. 8.

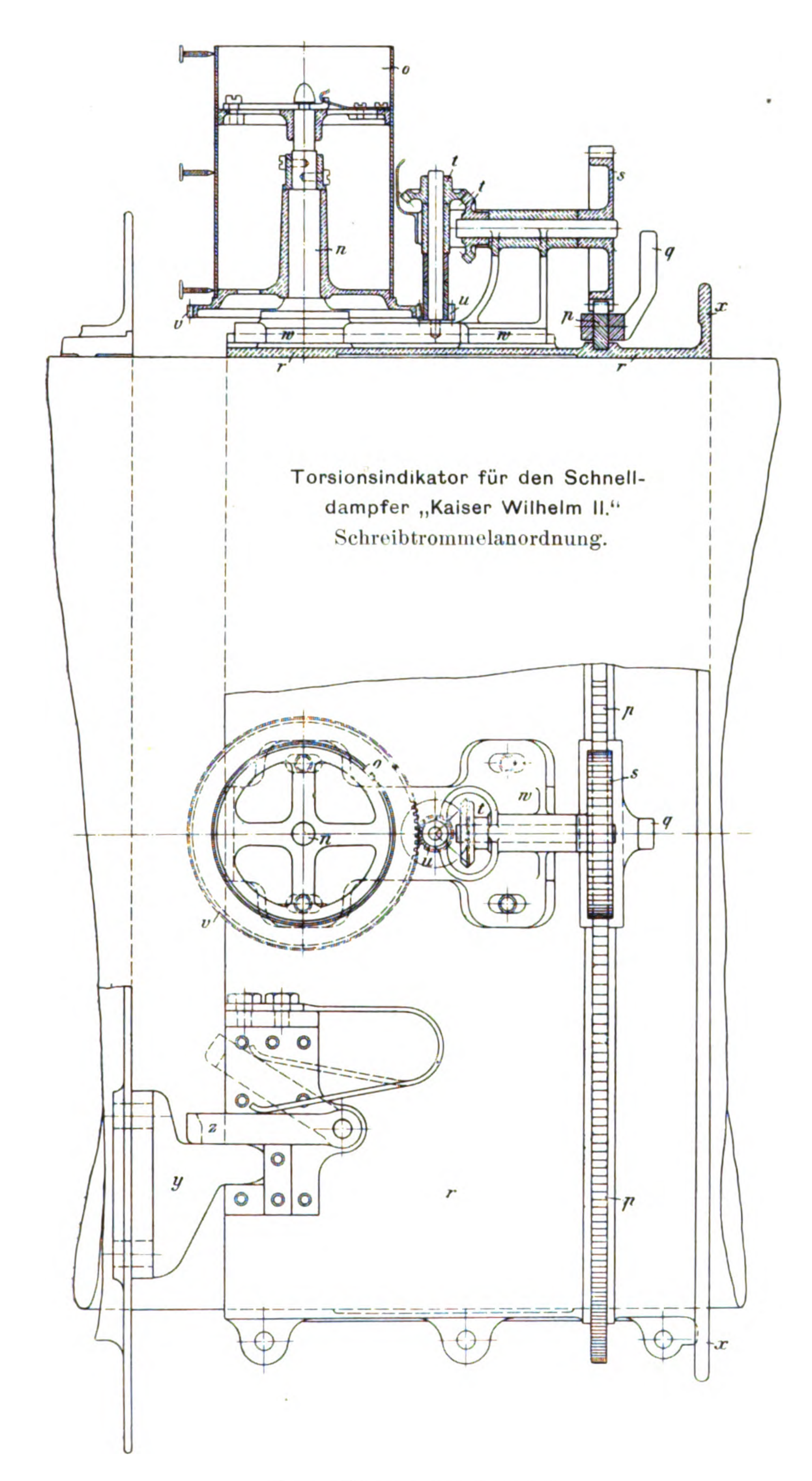
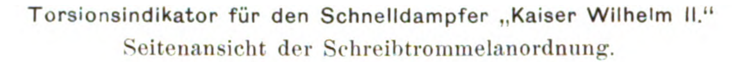


Fig. 9. Schnitt und Grundriß.

Daß es möglich sein solle, die Deformation eines derartigen Stahlblockes im Betriebe durch ein selbsttätig aufgezeichnetes Diagramm nachzuweisen, schien mir anfangs selbst unglaublich. Es gelang indessen, mit einem Meßradius von 550 mm und 27facher Vergrößerung Diagramme von ca. 35—40 mm mittlerer Höhe zu erzielen.

Bei einer um die Welle gelegten Schreibtrommel hätte sich die stattliche Diagrammlänge von 2 m ergeben, weshalb die in den Figuren 9—10 skizzierte


Torsionsindikator für den Schnelldampfer „Kaiser Wilhelm II.“
Seitenansicht der Schreibtrommelanordnung.

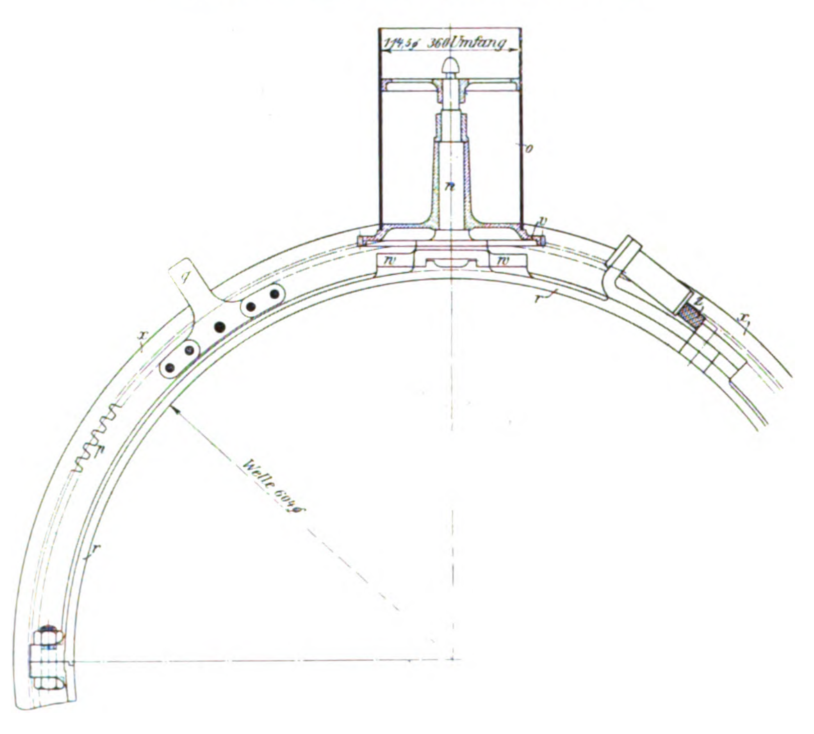
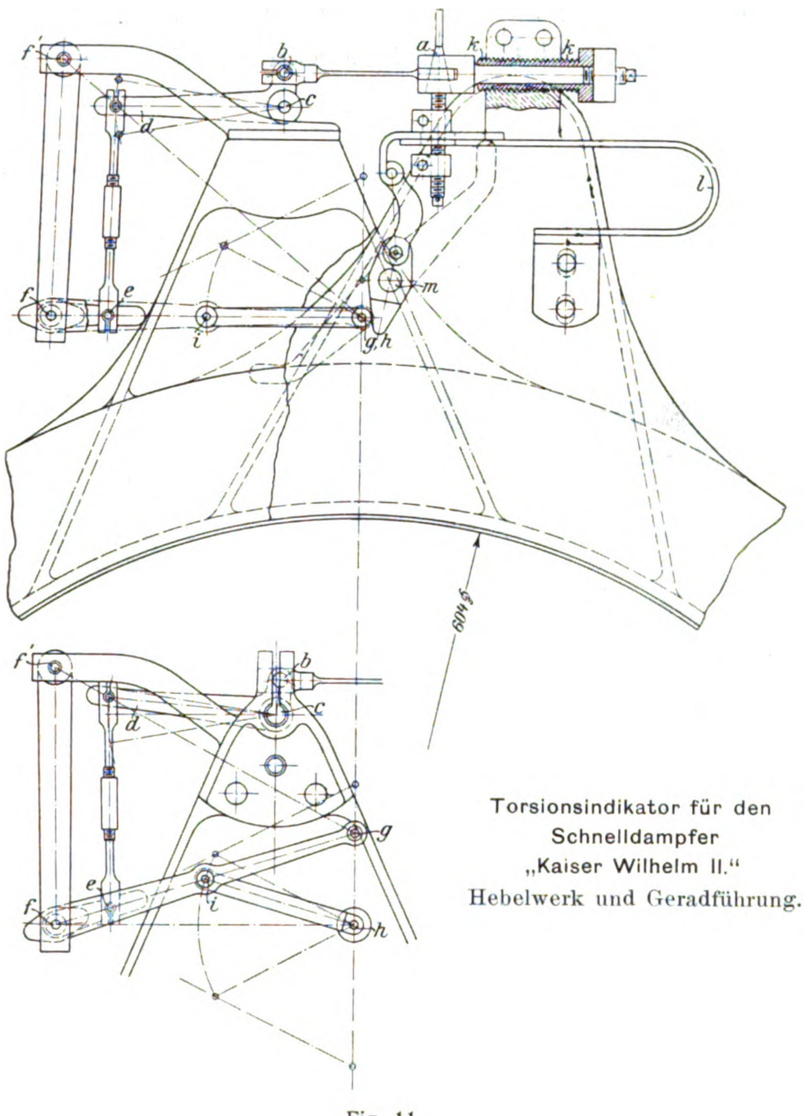


Fig. 10.

Trommelanordnung gewählt wurde. Die Schreibtrommeln sitzen radial auf einem die Welle lose umgebenden breiten Ring r, der durch den rechts liegenden Kamm x mittels einer Schlittenvorrichtung verschoben und entweder in seiner rechten Endlage durch eine Zange festgebremst, oder nach links an die rotierende Scheibe II herangeschoben und mit ihr zur Diagrammaufzeichnung gekuppelt werden kann.

Die Kuppelung erfolgt stoßfrei durch den in einem Ausschnitte des Ringes passenden Daumen y unter Vermittelung des Federhebels z.

Die Schreibtrommeln müssen sich genau entsprechend den von der Kurbelwelle zurückgelegten Winkeln um ihre radialen Achsen drehen. Diese Drehung erzeugt ein aus den Zahnrädern p—s, t—t und u—v bestehendes



Torsionsindikator für den Schnelldampfer „Kaiser Wilhelm II." Hebelwerk und Geradführung.

Fig. 11.

Planetengetriebe. Der mit einem Daumen q zum Festhalten versehene Zahnring p liegt lose in einer Nut des Ringes r. Gibt man den Festhaltedaumen q frei, so rotiert Ring r mitsamt den auf ihm sitzenden Trommeln als Ganzes mit der Welle, ohne daß eine Relativdrehung der Trommeln stattfindet. Sobald jedoch Zahnring p festgehalten wird, rollt sich das Planetenrad s auf

ihm ab und setzt die Trommeln relativ zum Ringe in Rotation. Die Zähnezahlen sind so gewählt, daß auf einen Wellenumgang genau ein Schreibtrommelumgang entfällt.

Natürlich mußte der neuen Trommelanordnung entsprechend das Hebelwerk a, b—c—d, f—e—g (Fig. 11) vollständig anders durchgebildet und so angeordnet werden, daß Schreibstift g in achsialer Richtung auf die an ihn

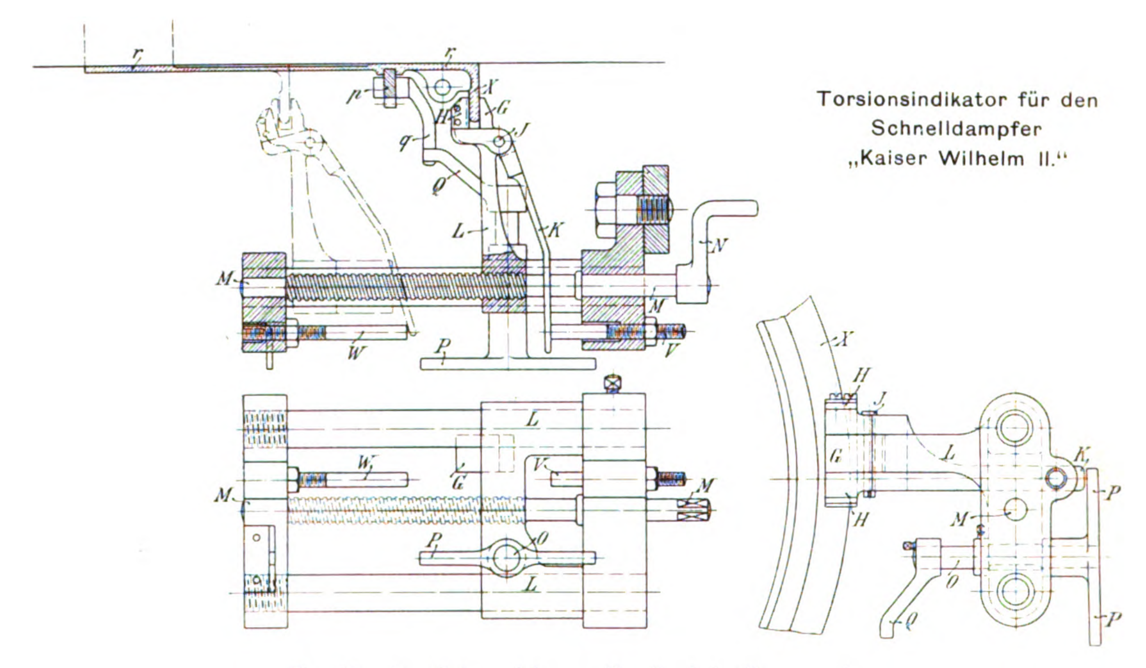


Fig. 12. Ausrückvorrichtung für die Schreibtrommeln.

heranzuschiebende Schreibtrommel gerichtet war und sich in radialer Richtung bewegte. Im Gegensatz zu den früheren Apparaten ist hier wie bei Dampfindikatoren eine genaue Geradführung f'—f, h—i angebracht. Beim Entwurf der Schlittenvorrichtung zum Verschieben und Festbremsen des losen Trommelringes r (Fig. 12) wurde auch hier der Grundsatz festgehalten, daß alle zur Diagrammentnahme dienenden Manipulationen möglichst automatisch erfolgten. Die Schraubenspindel M—M—N bewegt den Schlitten L—L mit der den Kamm x umfassenden Gabel G, die mit der lederarmierten Zange H—I—K ausgerüstet ist. Wird der Schlitten nach rechts gekurbelt, so trifft der Arm K der Zange auf den einstellbaren Stift V; die Zange schließt sich und bremst den Trommelring fest, worauf die Trommeln bequem mit Papier bezogen werden können. Der linke Stift W, der ein Schließen der Zange bei ange-

kuppeltem Ringe verhindern sollte, wurde später, weil unnötig, entfernt. Die Hebel O—P—Q dienen zum Festhalten des Zahnringes p.

Die beschriebene Apparatkonstruktion vereinigt viele Vorteile, namentlich völlig freie Wahl der Diagrammlänge, leichte Anbringung einer Geradführung, Unabhängigkeit des Schreibstiftdruckes von der Zentrifugalkraft, Regulierbarkeit desselben im Betriebe durch Verschieben der Trommelachsen auf dem Ringe und Fortfall einer Schreibstift-Abhebevorrichtung. Auch sind hier die Schreibhebel den Einflüssen sogenannter Gyroskopwirkungen, d. h. der zweiten Coriolisschen Zusatzkräfte völlig entzogen, welche bei den anderen

Torsionsindikator für Turbinenantrieb.
(Schematisch.)

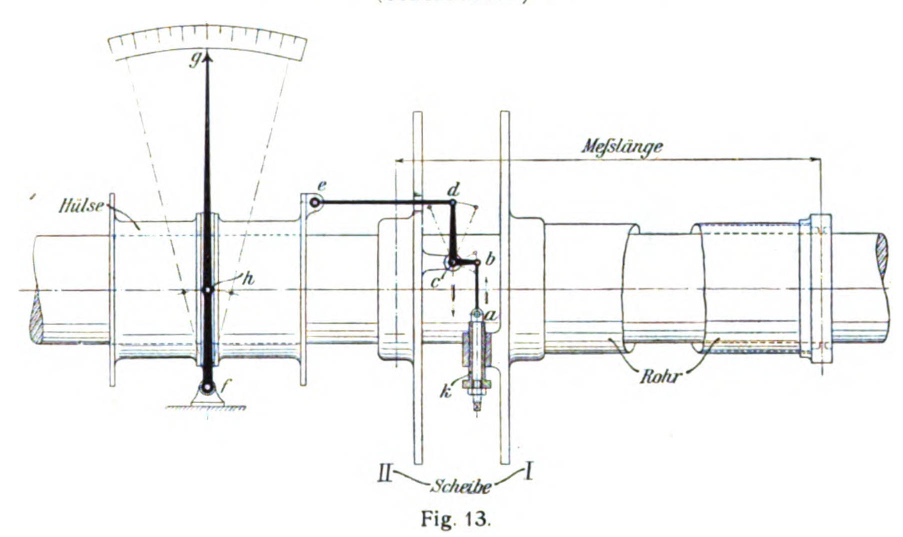


Fig. 13.

Apparaten im Bereiche hoher Touren- und Schwingungszahlen sich bemerkbar machen können.

Wir gelangen nunmehr zu einem weiteren Typus des Apparates, der speziell für Wellen mit konstantem Drehmoment entworfen wurde, also für Turbinen- und Elektromotorantrieb.

Fig. 13 erläutert schematisch die Einrichtung.

Bei konstantem Drehmoment ist die Aufzeichnung eines Diagrammes nicht nötig, vielmehr kann das mittlere Drehmoment unmittelbar an einer festen Skala, wie der Dampfdruck an einem Manometer, abgelesen werden. Das Hebelwerk a, b—c—d, e bewegt hier eine leichte, um die Welle gelegte Hülse, deren achsiale Verschiebung dem jeweiligen Drehmoment proportional ist.

In einer Nut derselben läuft ein Gleitbügel, der durch Gelenk h den vor einer Skala spielenden Zeigerhebel f–g bewegt.

Fig. 14 läßt einen nach diesem Prinzip gebauten

Torsionsindikator eines Versuchsbootes

der Stettiner Maschinenbau-Aktien Gesellschaft „Vulcan" für 6 PSe bei 300–3000 Touren pro Minute erkennen. Der Apparat ist hier zu einem bei den

Torsionsindikator für ein Versuchsboot.
Seitenansicht und Grundriß.

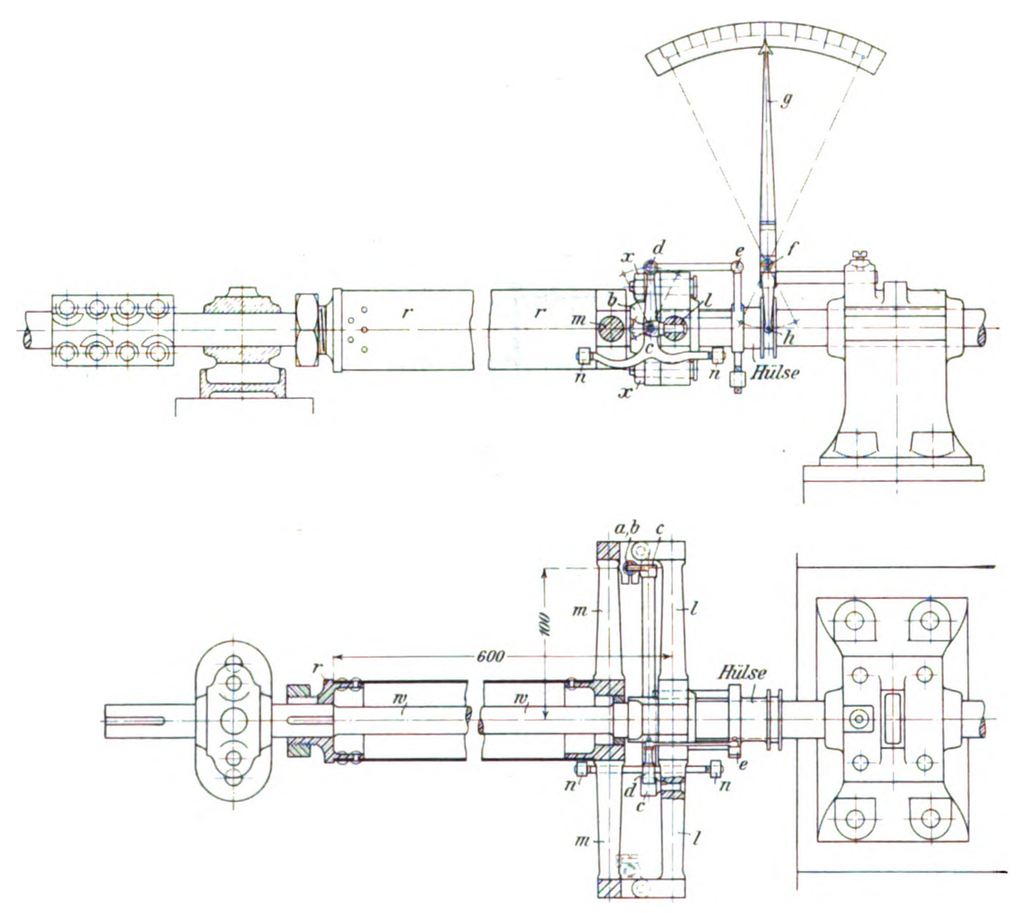


Fig. 14.

höchsten Tourenzahlen von den Einflüssen der Zentrifugalkraft freien Torsionsdynamometer ausgebildet, dessen Meßfeder, die Übertragungswelle w–w, bequem ausgewechselt werden kann.

Die Armscheiben l und m sind in Gestalt stählerner Hebelarme ausgeführt.

Die Hülse wird durch zwei Bolzen, die zugleich eine Verlängerung ihrer Führung darstellen, von Armscheibe 1 mitgenommen.

Fig. 15 veranschaulicht die Details des Hebelwerkes.

Da bei 3000 Touren pro Minute ein Gewicht von 1 g im Abstande 100 mm vom Wellenmittel eine Zentrifugalkraft von 1 kg entwickelt, so mußte der Ausbalancierung sämtlicher Teile, namentlich auch des Hebelwerks be-

Torsionsindikator für ein Versuchsboot.
Details.

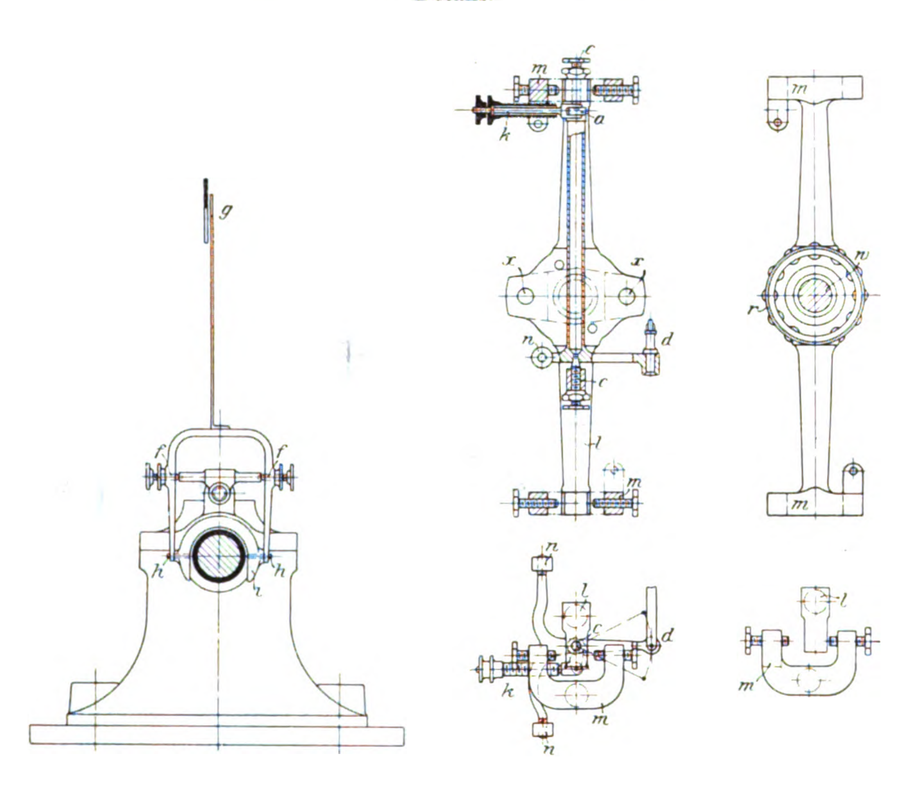


Fig 15.

sondere Beachtung geschenkt werden, wollte man nicht Reibungen in Kauf nehmen, welche die Größenordnung der zu untersuchenden Kräfte erreichten oder überstiegen.

Bei der Winkelhebelwelle a—c—d war die interessante und praktisch gar nicht einfache Aufgabe zu lösen, einen kompliziert gestalteten Körper, der mit einer Welle rasch rotiert und gegen diese selbst Drehungen ausführt, so auszubalancieren, daß auch bei den höchsten Tourenzahlen weder Lagerreaktionen noch freie Momente der Zentrifugalkräfte entstehen.

Die ersteren wurden zunächst dadurch vermieden, daß der Schwerpunkt der Hebelwelle in die Rotationsachse gelegt wurde.

Zu diesem Zwecke durchsetzt die Hebelwelle a—c—d eine Bohrung der Meßwelle w—w (s. Fig. 14—15).

Bei einem Ausschlage des Hebels c—d wären starke Drehmomente der Zentrifugalkräfte entstanden, welche seine Rückführung in die Mittellage erstrebt und Reaktionen auf die schwache Meßwelle w ergeben hätten.

Fig. 16 veranschaulicht schematisch die Wirkungsweise dieser sog. Zentrifugalmomente. Die Masse M ist bestrebt, sich nach Art eines Watt'-

Ausbalancierung von Zentrifugalmomenten.

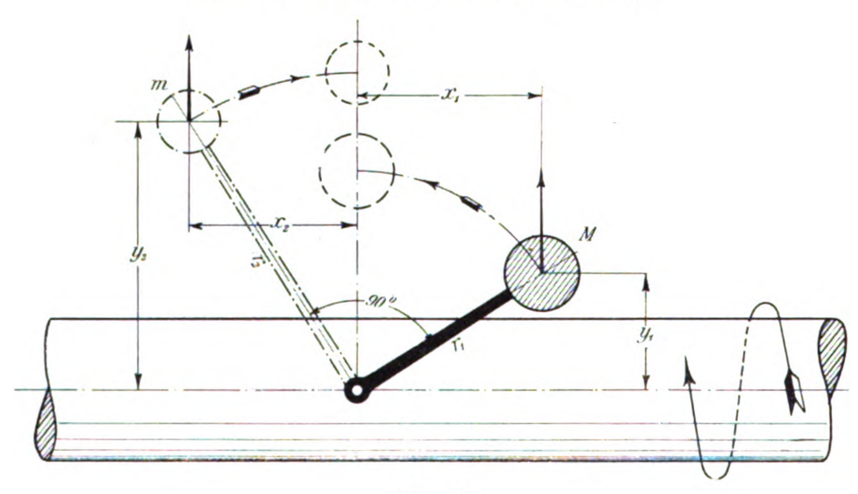
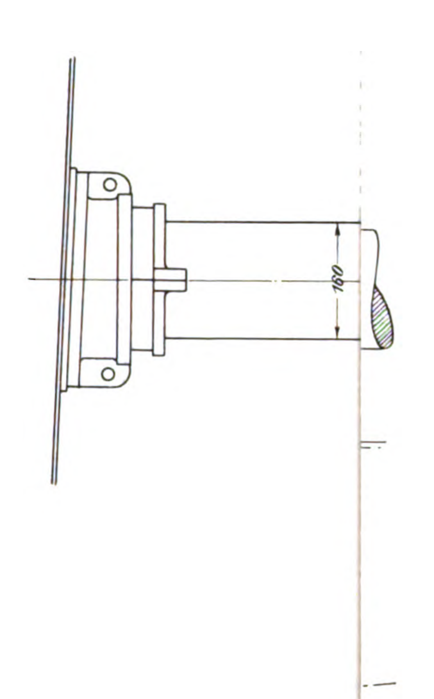


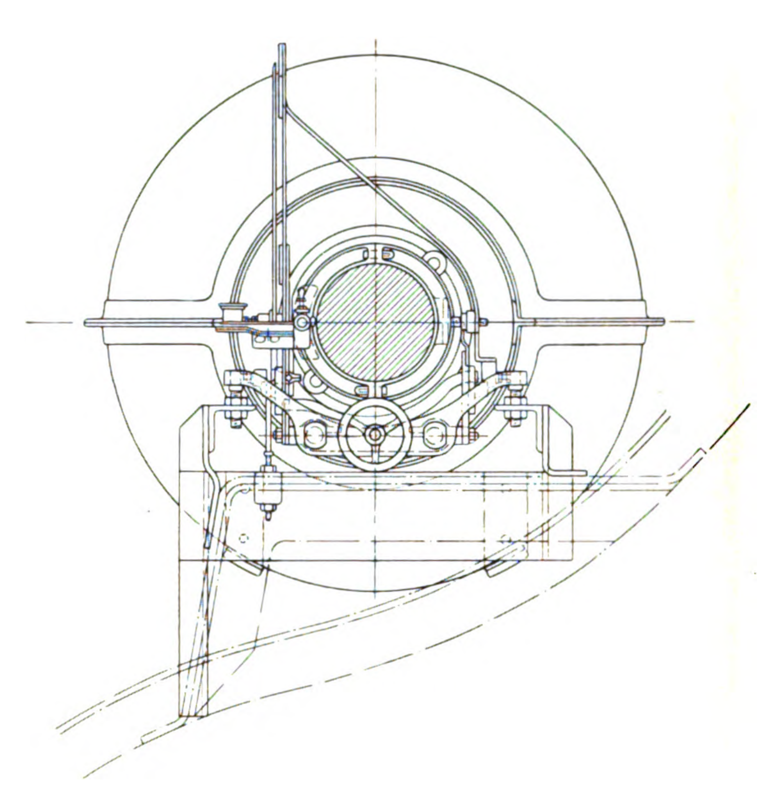
Fig. 16.

schen Regulatorpendels vom Wellenmittel zu entfernen. Die Anbringung eines Gegengewichtes unter 180° würde nur eine Verdoppelung des Zentrifugalmoments erzielen. Es läßt sich vielmehr beweisen, daß die ausbalancierende Masse m unter einem rechten Winkel zum Radiusvektor der Masse M stehen muß. Dabei müssen M und m im umgekehrten Verhältnis der Quadrate der Hebelarme r_1 und r_2 stehen.

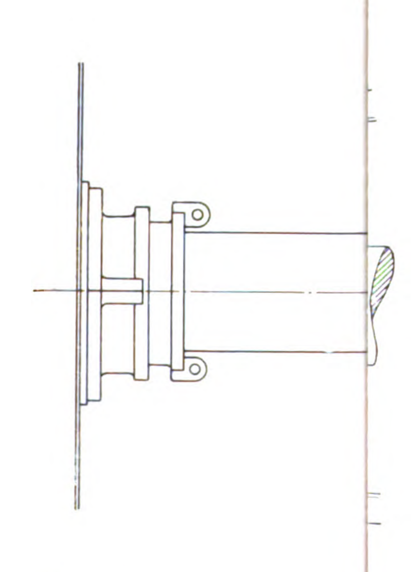
Für den in den Figuren 14—15 vorliegenden, allgemeineren Fall mit beliebig gruppierten Massen wurde ein graphisches Verfahren erdacht, das im wesentlichen auf die Aufzeichnung eines Momentpolygons hinauslief, bei dem die Radienvektoren der einzelnen Massen unter den doppelten, von einer Nullachse gezählten Winkeln aneinandergereiht werden.

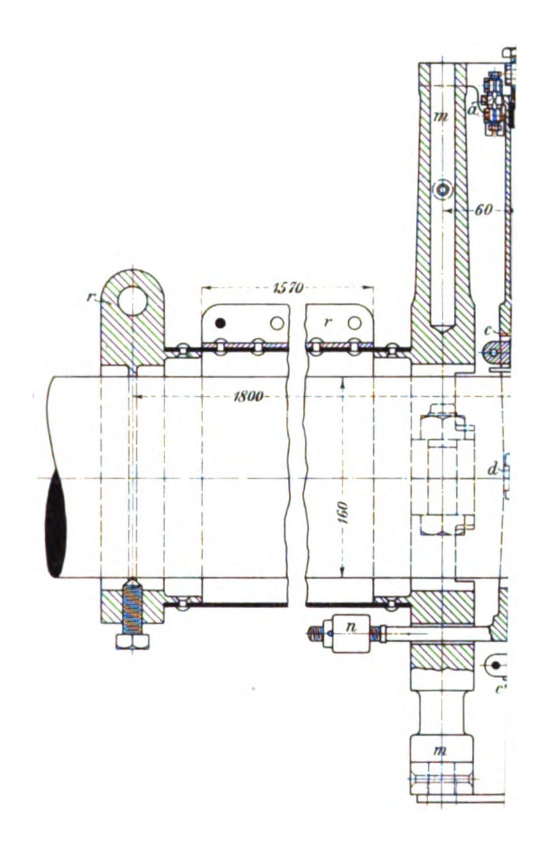
Die eigentümlich geschwungene Form der Hebel n—n (Fig. 15) ermöglicht

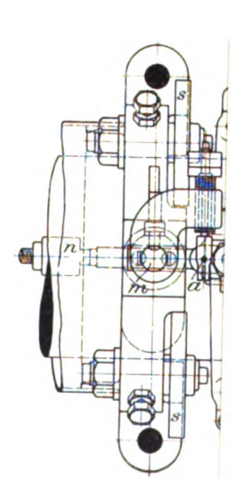




Seitenansicht.




1570
1800
160
60
r
m
n
a
c
d


s
n
m
a

es, daß auch bei großen Ausschlägen des Hebels c—d ein Anstoßen von n—n an die Scheibenarme l und m nicht stattfindet.

Der Apparat ist so eingerichtet, daß bei Überschreitung eines gewissen Verdrehungsbogens und bei Rückwärtsfahrt das Drehmoment nicht durch die Meßwelle, sondern durch das Meßrohr übertragen wird.

Im Versuchsboote bewegt der Hebel h—f (Fig. 14—15) eine nach einem Registrierapparat führende Zeigerwelle, und da die Maschinenwelle selbst im Betriebe sich verschiebt, so ist ein hier nicht angegebenes Parallelogramm zum Ausgleiche dieser Bewegung eingeschaltet.

Ausführungen der oben erläuterten Prinzipien in größerem Maßstabe stellen die

Apparate für Turbinenantrieb

z. B. für S. M. S. „Lübeck" dar, die im Auftrag der Kaiserlichen Marine bei der Stettiner Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft „Vulcan" zurzeit im Bau begriffen sind (Fig. 17).

Dieselben werden zur Bestimmung der Effektivleistungen der 10000-pferdigen Parsons-Turbinenanlage dienen, die auf vier Schraubenwellen mit ca. 670 Touren verteilt ist.

Wie aus den Detailzeichnungen (Fig. 18—19) zu erkennen, entsprechen die einzelnen Hebel genau den ebenso bezeichneten Teilen des Schemas Fig. 13.

Die zur ersten Vergrößerung dienende Hebelwelle $c—c—c^1$ (Fig. 19) umklammert hier ringförmig die Maschinenwelle und ist unten mit seitwärts auskragenden Gewichten n—n zum Ausgleiche der Zentrifugalkräfte und -Momente versehen. Die obere Hälfte ruht in konischen Lagern c—c, während der untere Lagerzapfen bei c^1 zylindrisch ausgebildet wurde, um eine Ausdehnung des ringförmigen Teiles c—d durch die Zentrifugalkraft zu ermöglichen.

Die um die Welle gelegte Hülse besteht im Interesse der Gewichtsersparnis aus Aluminium. Bei einer neueren Konstruktion wurde das Hülsengewicht auf den vierten Teil reduziert und als Material Magnalium verwendet.

Um nach vorgenommener Ablesung den Apparat ohne Wartung und Schmierung lassen zu können, wurde der in der Hülsennut liegende, zur Mitnahme des Zeigers f—h—g dienende Schleifbügel i (Fig. 18) so angeordnet, daß er aus dieser Nut entfernt werden kann. Der Drehpunkt h desselben ist nämlich nicht unmittelbar im Zeiger f—g, sondern in dem herausklappbaren Hebel o—h gelagert, der durch die Zapfen bei o den Zeiger mitnimmt.



Die Schmierung wird bei herausgeklapptem Bügel dadurch automatisch abgestellt, daß alsdann das Schmiergefäß p tiefer zu liegen kommt, als die Mündungen der Schmierkanäle.

Die Wellen, auf denen die Apparate montiert werden, verschieben sich durch die Wärmeausdehnung der Turbinen um einige Millimeter nach hinten.

Torsionsindikator für S. M. S. „Lübeck" (Details).

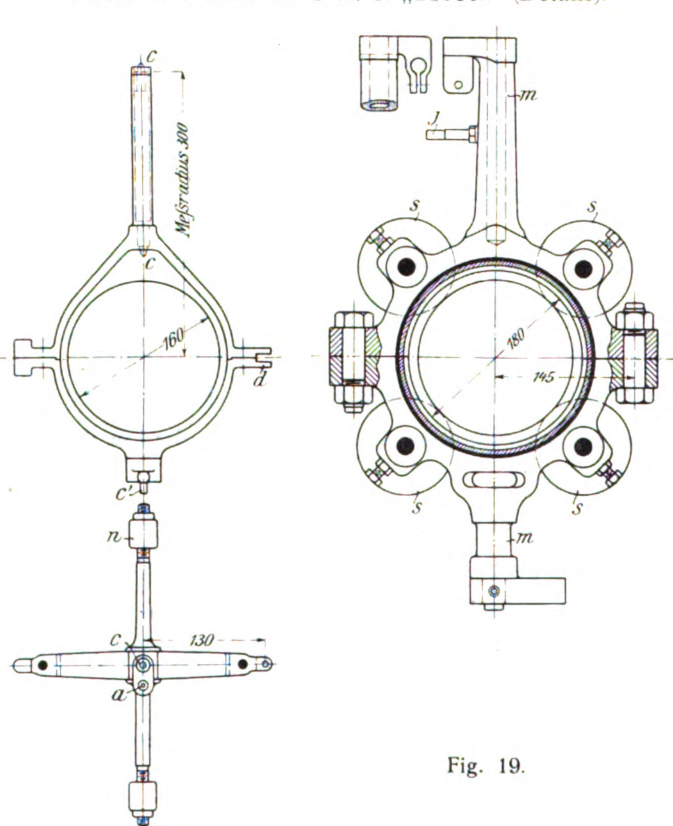
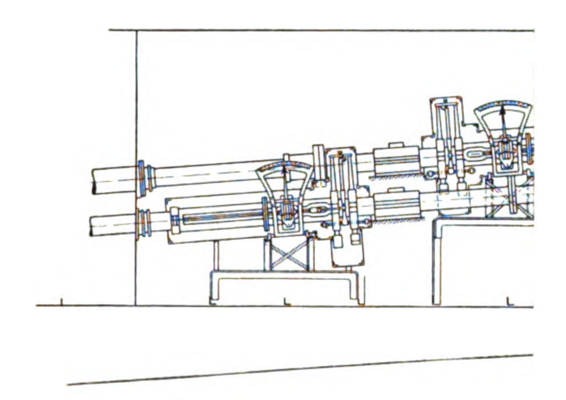


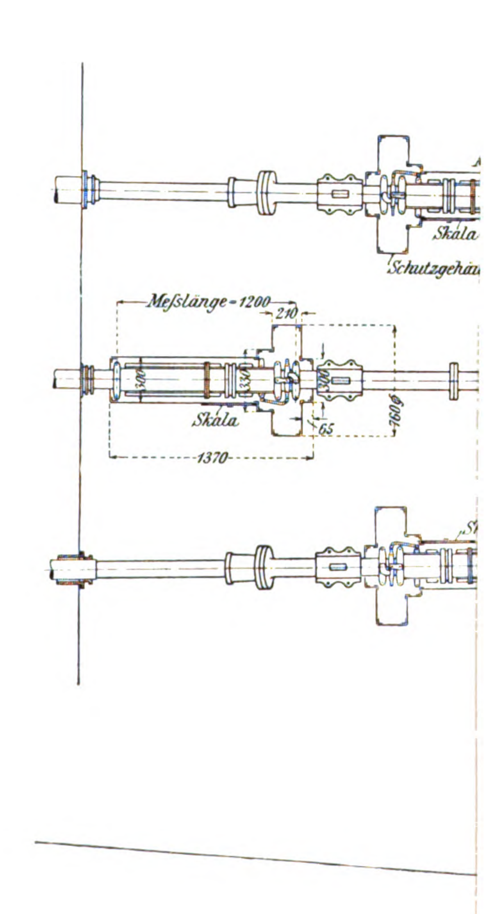
Fig. 19.

Durch die Bewegung der Hülse würde daher, auch ohne daß ein Drehmoment übertragen wird, ein Ausschlag des Zeigers f—h—g entstehen.

Der Fehler verschwindet, wenn der feste Drehpunkt f samt Skala um gleichviel und gleichsinnig wie die Welle verschoben wird. Dies kann selbsttätig durch die Bewegung der Welle besorgt werden, wie beim Versuchsboote; im vorliegenden Fall geschieht es von Hand.

Die Skala samt den Lagern $f-f^1$ wurde nämlich auf einen Schlitten $A\,A^1$ gesetzt, der auf den Führungen B—B durch Schraubenspindel D und Handrad E verstellt werden kann. (Fig. 18.)




Skala
Schutzgehäu
Meßlänge = 1200
210
300
330
200
Skala
65
760 ϕ
1370

Wieviel die Welle zu verschieben ist, erkennt man an dem Zeiger der Hilfszeiger-Vorrichtung H, Fig. 18, deren beilartige Schneide in einen feinen Riß der Welle eingelegt wird und die Wellenlage vergrößert angibt.

Um eine Ablesung vorzunehmen, verstellt man den Schlitten, bis der Hilfszeiger wieder auf die ursprüngliche Marke einspielt und legt den Mitnehmerbügel in die Nut der Hülse.

Ähnliche Apparate werden zur Bestimmung der Leistung einer 6000-pferdigen A. E. G.-Turbinenanlage auf einem Schnelldampfer der „Nordseelinie“ Verwendung finden. —

Fig. 20 zeigt das Projekt des Einbaues von drei Torsionsindikatoren in ein Turbinen-Torpedoboot mit drei Wellen.

Die Meßlänge ist dabei auf 1200 mm reduziert, die verschiebbare Hülse in das Meßrohr gelegt, um an Baulänge bedeutend zu sparen. —

Ich möchte nun noch einen bisher allerdings noch nicht ausgeführten Apparat beschreiben, der, unter Anwendung der früher dargelegten Prinzipien, viel weitergehende Aufgaben als der erste Torsionsindikator löst.

Während bei diesem wie beim Dampfindikator erst Papier aufgespannt, ein Diagramm genommen, wieder abgespannt, planimetriert, die Tourenzahl beobachtet und die Pferdezahl ausgerechnet werden muß, kann man sich einen Apparat vorstellen, der jedesmal, nachdem ein bestimmter Arbeitsbetrag, z. B. ein Million Meterkilogramm durch ihn hindurchgeflossen, ein Glockensignal gibt oder den Zeiger eines Zählwerkes um eine Einheit weiterschaltet.

Ein solcher Apparat würde als Analogon zum Elektrizitätszähler einen mechanischen Leistungszähler vorstellen.

Die Leistungsbestimmung einer Schiffsmaschine würde damit in der Weise vor sich gehen, daß man ähnlich, wie bei einem Woltmannschen Flügel die Zeit zwischen zwei Glockensignalen genau beobachtet und mit der betreffenden Sekundenzahl in eine Konstante des Apparates, nämlich in die während dessen verrichtete Arbeit dividiert.

Der Quotient gäbe direkt die pro Sekunde verrichtete Anzahl Meterkilogramme, also die mittlere Pferdezahl, ohne Diagramm, ohne Planimeter und ohne Tourenzählung.

In ähnlicher Weise ließe sich die mittlere Leistung einer Schiffsmaschine für eine ganze Reise bestimmen. Man erhielte so einen interessanten Vergleich mit dem Kohlenverbrauch.



Ein Versuch zur Lösung dieses umfassenden Problems ist der

Torsionsindikator mit selbsttätiger Integriervorrichtung,

der in schematischer Darstellung durch **Fig. 21 veranschaulicht** wird.*)

Torsionsindikator mit selbsttätiger Integriervorrichtung.
(Schematisch.)

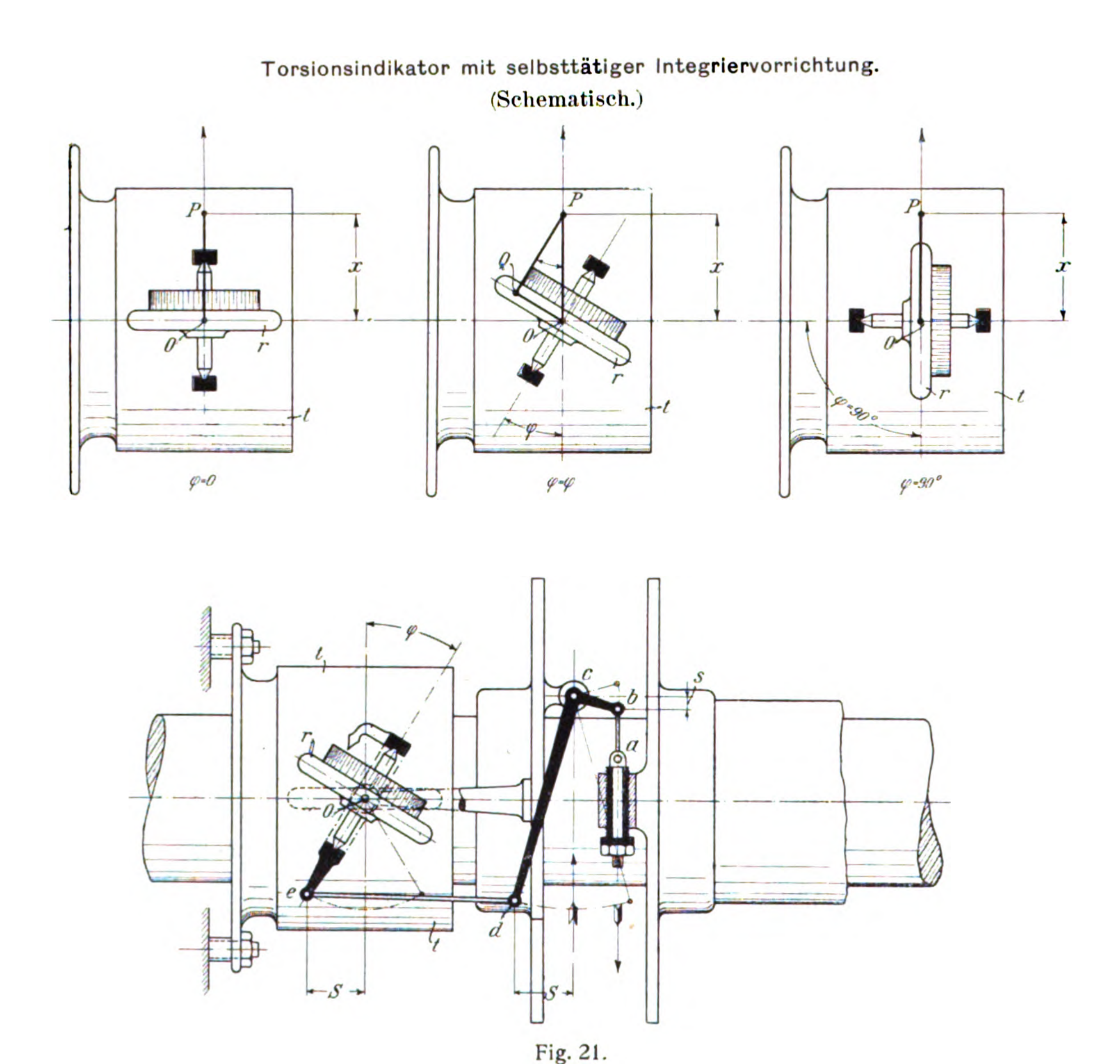


Fig. 21.

Das Hebelwerk a, b—c—d, e bewegt hier statt eines Schreibhebels den Arm e—O einer radial stehenden Achse O, in deren unterem, gegabelten Teile die Integrierrolle r zwischen Spitzen so gelagert ist, daß die Ebene der Rolle durch jene Achse geht.

Eine Feder drückt die radiale Achse und damit die Rolle gegen den äußeren Umfang einer die Welle umgebenden stillstehenden Trommel t.

*) Auch die Ausführung dieser Idee ist zum Patent angemeldet.

Diese einfache Vorrichtung stellt das mit dem Torsionsindikator verbundene Planimeter dar. Ich will versuchen, die Wirkungsweise durch elementare Überlegungen klarzumachen.

Wenn eine Rolle (z. B. auch das Laufrad eines Fahrrades) schräg zur Richtung ihrer Ebene über eine Fläche hinweg bewegt wird, so tritt ein kombiniertes Gleiten und Rollen ein, das für den Fall, daß die Rolle in Richtung ihrer Achse fortbewegt wird, in ein reines Gleiten ohne Drehung der Rolle übergeht (Fall $\varphi = 0$ in Fig. 21).

Für den Fall $\varphi = 90°$, d. h. wenn die Rolle in Richtung ihrer Ebene fortbewegt wird, tritt ein reines Rollen ohne Gleiten ein. In allen zwischenliegenden Fällen ($\varphi = \varphi$) kann man sich den zurückgelegten Weg $x = OP$ in 2 Komponenten zerlegt denken, von denen die eine OQ in die Rollenebene fällt und eine reine Rollung erzielt, während die andere QP in die Richtung der Rollenachse fällt und ein reines Gleiten ohne Rollendrehung erzeugt. Die Rollendrehung ist daher der ersten Komponente $OQ = x \,.\, \sin\varphi$ gleich; die Rolle multipliziert gewissermaßen den Weg x mit einem zweiten Faktor $\sin\varphi$, und das Produkt $x \,.\, \sin\varphi$, die Rollendrehung, kann an der Rollenteilung abgelesen werden.

Wird im nächsten Moment die Rolle unter einem anderen Winkel φ' schräggestellt und dabei um den Weg x' vorwärtsbewegt, so stellt die neue Rollendrehung das Produkt $x' \,.\, \sin\varphi'$ dar usw. An der Teilscheibe kann daher die Summe der Einzelprodukte $\Sigma\, x \,.\, \sin\varphi + x' \sin\varphi' + \ldots\ldots$ oder das $\int_0^x \sin\varphi \,.\, dx$ in Gestalt der Gesamtrollendrehung abgelesen werden.

Trägt man nun dafür Sorge, daß der eine Faktor x (bezw. dx bei veränderlichem $\sin\varphi$) proportional dem von der Welle zurückgelegten Winkelweg, der andere Faktor $\sin\varphi$ proportional dem während dieses Weges übertragenen Drehmoment ist, so stellt das in Form der Rollendrehung abzulesende Produkt die geleistete Arbeit bezw. die Summe der geleisteten Einzelarbeiten dar.

Daß die erste Forderung bei dem vorliegenden Schema erfüllt ist, erkennt man ohne weiteres, nachdem die Rolle mit dem ganzen Apparat gegenüber einer festen Trommel t umläuft. Die zweite Forderung wird durch die gewählte Hebelanordnung erfüllt. Denn es gilt mit bezug auf Fig. 21 unten, daß $\sin\varphi = \frac{S}{Oe}$ ist. Oe ist aber die konstante Armlänge, weshalb $\sin\varphi$ proportional dem Ausschlag S, also auch dem Verdrehungsbogen s und daher dem Drehmoment ist.



Die hier entwickelte Theorie ist durch die Erfahrung an allen Planimetern (denen ja das gleiche Prinzip zugrunde liegt) genau bestätigt; etwas anderes ist die Frage, wie ein derartiger Apparat sich praktisch auf einer Schiffsmaschinenwelle bewähren würde. Doch halte ich die Ausführbarkeit nach neueren Berichten über planimetrierende Dampfindikatoren für sehr wohl möglich.

Bevor ich zu den Versuchen übergehe, möchte ich noch bemerken, daß die Apparate in den Werkstätten des „Vulcan" gebaut worden sind, die derartig diffizile Objekte wohl noch nie vorher hergestellt hatten. Bei der Konstruktion mußte hierauf entsprechende Rücksicht genommen werden. Auch konnte bei verschiedenen Apparaten wegen Zeitmangels keine richtige Werkstattmontage mehr vorgenommen werden, da mehrmals Entwurf und Ausführung innerhalb 4 bis 6 Wochen erfolgen mußten.

Die Versuche selbst durften auf den Gang der betr. Probefahrten keinerlei Einfluß ausüben, z. B. durfte niemals des Apparates wegen gestoppt werden, um etwa Regulierungen vorzunehmen, ein Punkt, der bei Erprobung neuer Konstruktionen außerordentlich erschwerend wirkt.

Die genannten Umstände bitte ich bei Beurteilung der bei den Versuchen erzielten Genauigkeit zu beachten.

Die Versuche

wurden ausschließlich für die Stettiner Maschinenbau-Aktiengesellschaft „Vulcan" angestellt und sollten in erster Linie zur genauen Feststellung der Bremsleistung der betr. Maschinen, sowie der effektiven Wirkungsgrade dienen. Die Kenntnis derartiger Zahlen ist mit Rücksicht auf eventuelle spätere Turbinenschiffe notwendig, bei denen die Effektivleistung festzulegen ist, während beim Kolbenmaschinenantrieb bisher nur die indizierte Leistung gemessen wurde.

In zweiter Linie sollten die bei allen Wellenleitungen stärker oder schwächer auftretenden Torsionsschwingungen untersucht werden.

Versuche auf einem Kreuzer von 10000 PSi.

Der Apparat saß auf der B.B.-Welle, welche ca. 5000 PSi bei rund 150 Touren übertrug. Die Maschine war eine gewöhnliche Dreifach-Expansionsmaschine mit 3 Zylindern und 3 Kurbeln unter 120°.

Fig. 22 zeigt zunächst den Verlauf der Effektivleistungen und Wirkungsgrade bei steigender Tourenzahl. Nachdem einige Zahlen wegen



zu großer Abweichungen*) ausgeschieden, wurden die Mittelwerte für jede Tourenzahl aufgetragen. Aus den Kurven der indizierten und effektiven Pferdestärken wurde durch Vergleich zusammengehöriger Ordinaten der Wirkungsgrad η der Maschine ermittelt, der bei Maximalleistung auf zirka 94 % steigt.

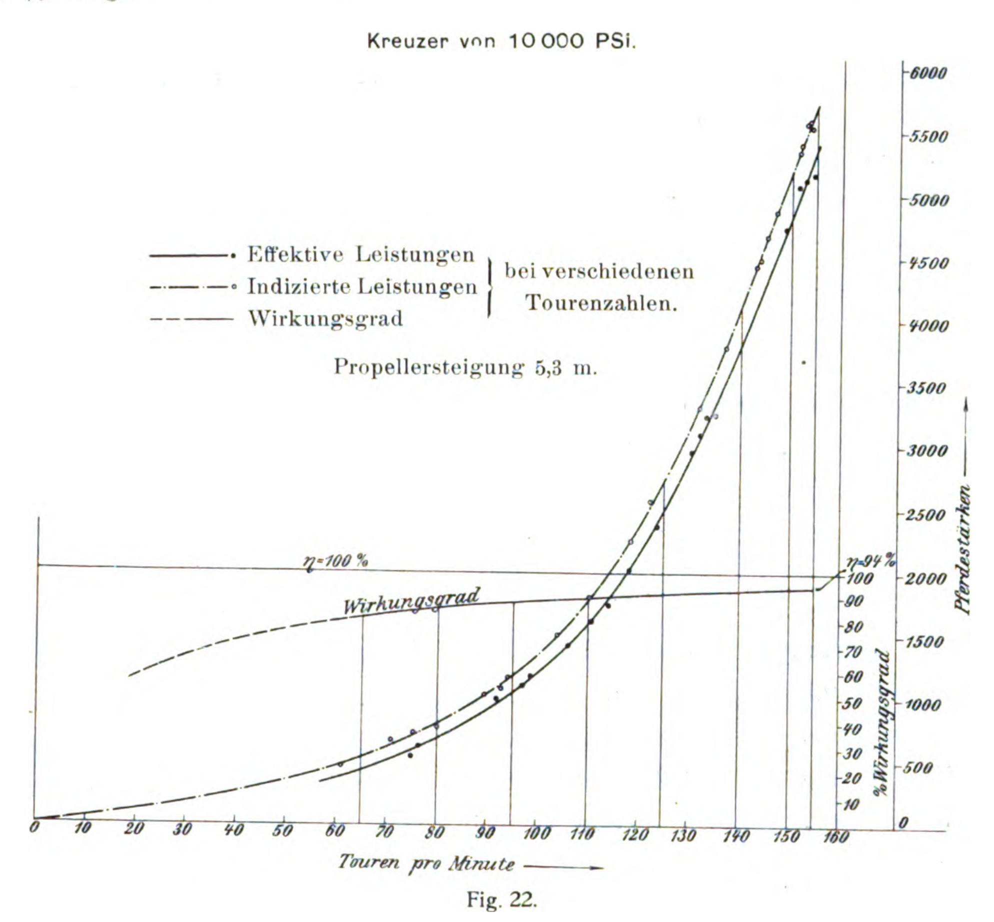


Fig. 22.

Als Schubmodul der Tiegelstahlwelle von 45—50 kg/qmm Festigkeit und über 20 % Dehnung diente der Wert 828 800 kg/cm², dessen genaue Ermittelung an vier Wellen gleichen Materials von 160 mm Durchmesser ich später besprechen werde.

Derart ausführliche Untersuchungen von Effektivleistung und Wirkungsgrad einer Schiffsmaschine bis herab zum zehnten Teil der Voll-

*) Die Erklärung dafür findet sich leicht durch den außerordentlichen Einfluß ungleicher Wassertiefe, der durch Versuche der Kaiserlichen Marine mit Torpedobooten einwandfrei festgestellt ist und bei großen Schiffen natürlich noch mehr hervortritt. Vgl. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ingenieure 1904, S. 1870.



Leistung, wie sie hier vorliegen, sind meines Wissens noch niemals vorher angestellt worden.

Sie sind erst durch den Torsionsindikator ermöglicht worden, der den größten Teil der bei anderen Methoden auf Auswertungen zu verwendenden geistigen Arbeit erspart bezw. selbst ausführt. Auch gaben die Versuche zum erstenmal Aufschluß über den Verlauf der tatsächlichen Drehmomente bei einer Kriegsschiffsmaschine. Wie mit großer Wahrscheinlichkeit vorauszusehen war, erwiesen sich dieselben auch hier als überwiegend durch Torsionsschwingungen beeinflußt.

Die theoretische Berechnung der Torsions-Eigenschwingungszahl der Welle aus den Schwungmassen von Maschine und Propeller ergab 456 volle Schwingungen pro Minute.

Es mußten daher

bei der Maschinentourenzahl	152	genau	456 : 152 = 3	Eigenschwingungen	d. Welle
„ „ „	114	„	456 : 114 = 4	„	„ „
„ „ „	91,2	„	456 : 91,2 = 5	„	„ „
„ „ „	76	„	456 : 76 = 6	„	„ „

auf eine Umdrehung entfallen.

Die genannten Tourenzahlen sind die sogen. „kritischen“ Tourenzahlen der Welle, da bei ihnen die Eigenschwingungen durch die 3, 4, 5, 6 . . . Kraftschwankungen des Tangentialdiagramms besonders stark erregt werden.

Die in Fig. 23 und 24 reproduzierten effektiven Drehkraftdiagramme zeigen eine vollkommen genaue Übereinstimmung dieser Berechnung mit dem Experiment.

Das meiste Interesse beanspruchen die mächtigen, pro Umdrehung dreimal wiederkehrenden Schwingungen bei 148—154 Touren (Fig. 24), die bis in die Gegend der negativen Drehmomente reichen, sodaß zeitweise der vorwärtsschwingende Propeller die Maschine antreibt. Das Auftreten starker Resonanzschwingungen bezw. die dadurch verursachte Ungleichförmigkeit der Rotation konnte deutlich beim Berühren der Kulissen usw. in Form ruckweiser, zuckender Bewegungen empfunden werden.

Bei Verminderung der Tourenzahl bleibt die Form der Schwingungen zunächst die gleiche, während die Amplituden beträchtlich nachlassen.

Bei 114 Touren Fig. 23 stellen sich allmählich vier Schwingungen pro Maschinenumgang ein: die Maschine läuft hier abermals mit einer „kritischen

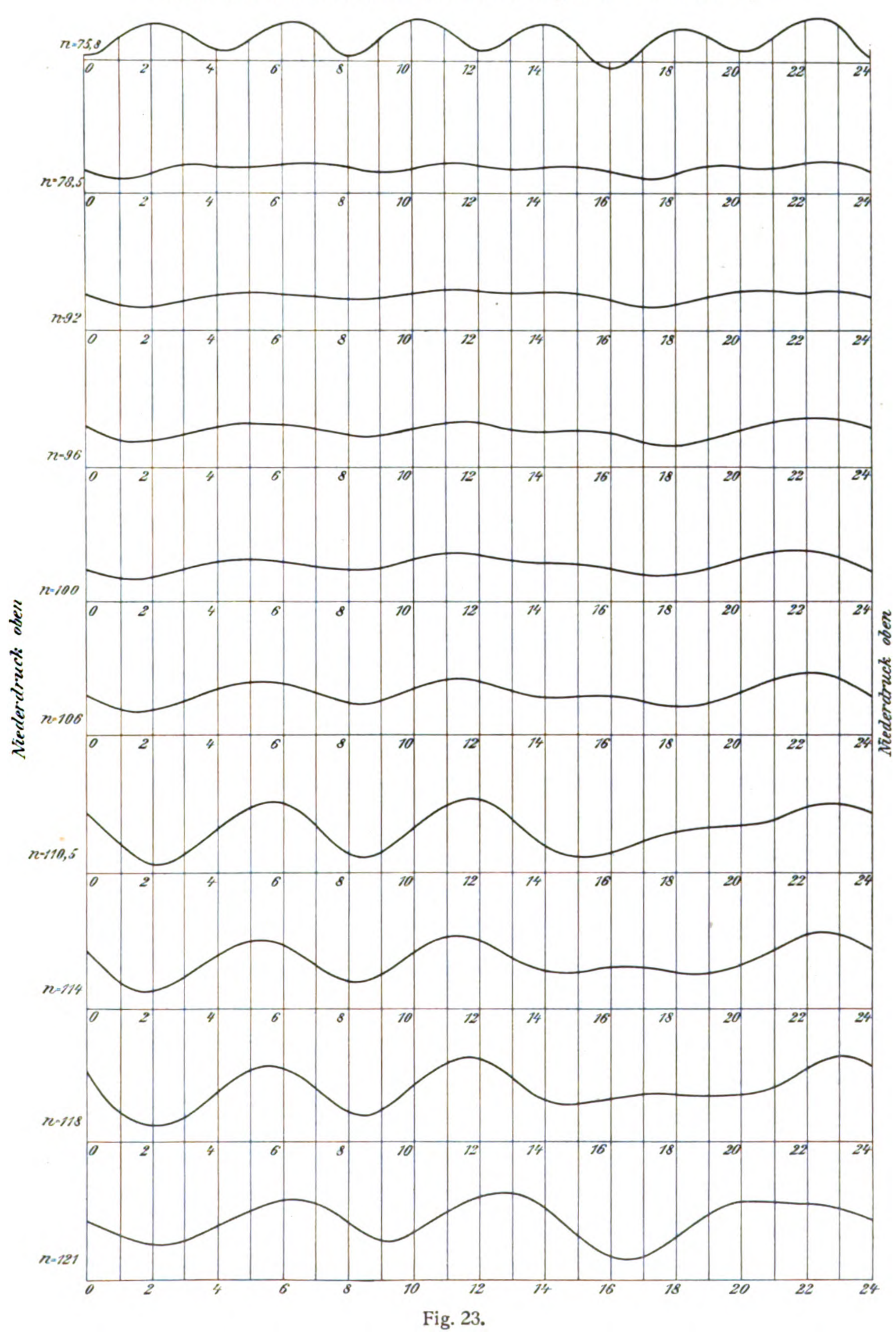

Kreuzer von 10000 PSi.
Verlauf der effektiven Drehkräfte mit steigender Tourenzahl.*)
n=75,8
n=78,5
n=92
n=96
n=100
n=106
n=110,5
n=114
n=118
n=121
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
Niederdruck oben
Niederdruck oben

Fig. 23.

Tourenzahl". Bei noch weiterer Tourenverminderung ändern sich sowohl die Amplituden, wie die Form der Kurven verhältnismäßig rasch, wobei die 5 Schwingungen der kritischen Tourenzahl 92 nur ganz wenig hervortreten, bis bei 75,8 Touren die wunderbar deutlich ausgebildeten sechs Schwingungen der berechneten kritischen Tourenzahl 76 erscheinen. Daß die im Tangentialdiagramm enthaltene sechste harmonische Welle besonders stark entwickelt war, erkennt man an dem auch hier auftretenden negativen Drehmoment. Besonders interessant sind die Übergänge zwischen den einzelnen Schwingungsformen mit 3, 4, 5, 6 Wellen.

Von großem praktischen Interesse ist die Frage, wie die tatsächliche Drehkraftkurve mit dem Dampftangentialdiagramm übereinstimmt, das bis vor kurzem als für die Wellenbeanspruchung maßgebend erachtet wurde. Der Vergleich ist in den Figuren 25—28 für vier verschiedene Tourenzahlen, ähnlich wie bei meinen früheren Untersuchungen, durchgeführt und zwar sind die Tangentialkräfte mit und ohne Berücksichtigung der sogen. Massendruckdrehmomente angegeben; die effektive Drehkraftkurve ist jedesmal die stark durchgezogene Kurve des untersten Diagramms. Fig. 25 zeigt trotz der oben als „kritisch" erkannten Tourenzahl 92 eine rohe Übereinstimmung zwischen den verglichenen Kurven, die sich auch in der annähernden Übereinstimmung der Werte T_{max}: T_m = 1,33 und T'_{max}: T'_m = 1,34 ausspricht, während die Werte $T_{max} : T_{min}$ = 1,87 bezw. 2,63 beträchtlich verschieden sind. Der Grund der Übereinstimmung liegt darin, daß die Tangentialkräfte eine Schwingung mit fünf Perioden pro Umdrehung fast gar nicht zu unterstützen vermögen, da die sogen. „fünfte Harmonische" desselben praktisch = 0 ist und die nächstliegenden kritischen Tourenzahlen 76 und 114 verhältnismäßig sehr weit entfernt liegen.

Anders bei 113 Touren (s. Fig. 26).

Hier ist das Auftreten eines Schwingungsvorganges mit vier Wellen pro Maschinenumdrehung deutlich zu erkennen. Die Übereinstimmung zwischen den Vergleichszahlen 1,35—1,67 und 2,05—4,5 ist auch dementsprechend schlecht.

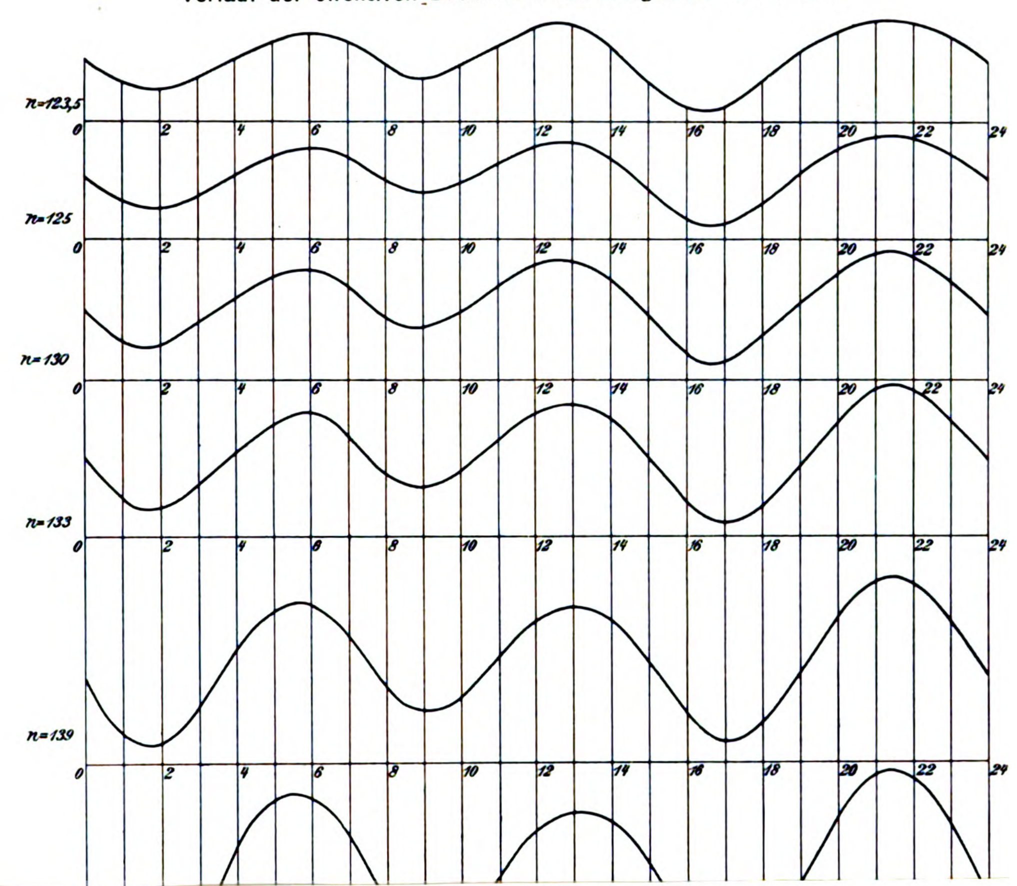
Dies gilt in noch höherem Grade bei 131 Touren (s. Fig. 27), wo die Wellenschwingung mit drei Zyklen schon kräftig hervortritt, obwohl die Tourenzahl 131 gerade in der Mitte zwischen den nächsten kritischen Tourenzahlen 114 und 152 liegt.

Außerordentlich große Differenzen zeigen sich bei der maximalen Tourenzahl 154, (Fig. 28) wo das nach älterer Anschauung als sehr günstig zu be-



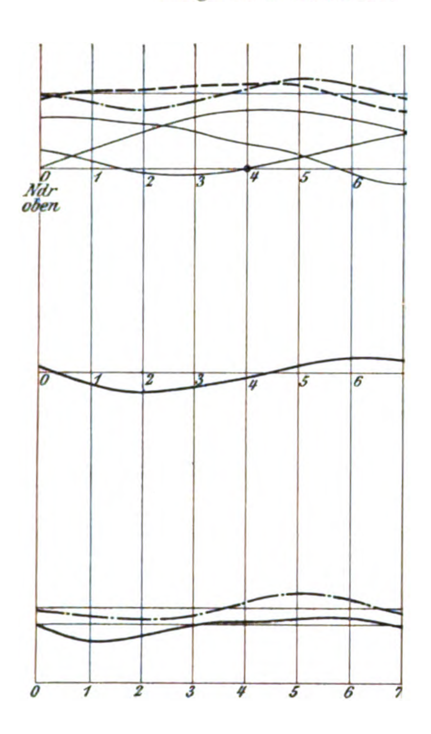
Kreuzer von 10 000 PSi.

Verlauf der effektiven Drehkräfte mit steigender Tourenzahl.



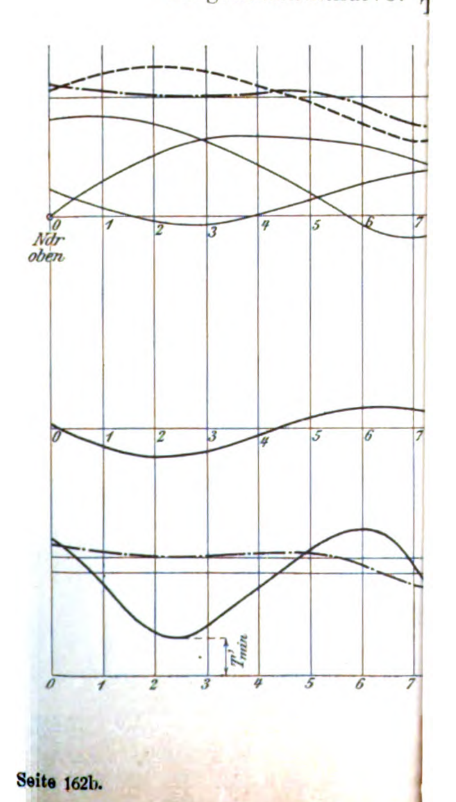
Kreuzer von 10000 PSi.

Tangentialkraftkurve:



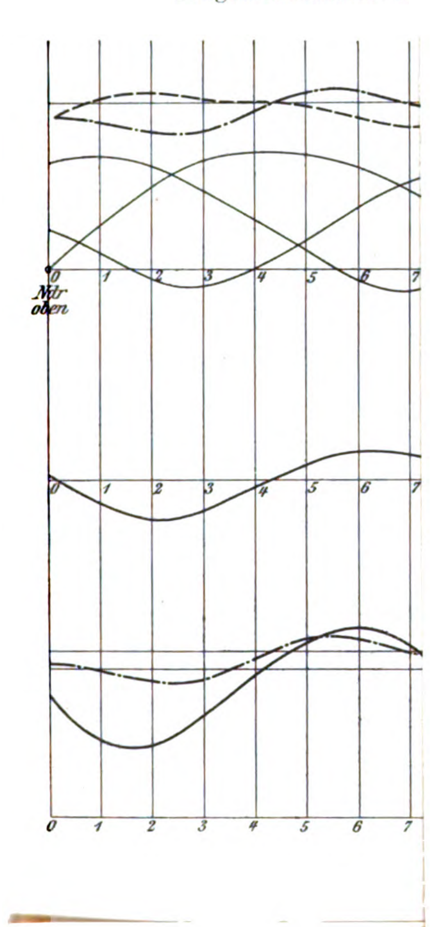
Kreuzer von 10000 PSi.

Tangentialkraftkurve:



Kreuzer von 10 000 PSi

Tangentialkraftkurve:



zeichnende Tangentialdiagramm die mächtigen Torsionsschwingungen mit drei Zyklen wachruft. Daß eine kritische Tourenzahl ganz in der Nähe liegt, beweist auch die zwischen den beiderseitigen Kurven bestehende Phasenverschiebung von ca. 90°, die in Übereinstimmung mit der Theorie hier eintritt.

Bevor ich zu den Versuchen auf dem Schnelldampfer übergehe, sei eine Erscheinung erwähnt, die ich schon früher beim Eintreten starker Torsionsschwingungen beobachtet hatte und die auf dem Kreuzer besonders stark hervortrat. Es fiel mir auf, daß die Null-Linien der Torsionsdiagramme nicht geradlinig, sondern in regelmäßigen Abständen mit kleinen Wellen versehen waren, von einer Gesamtausschlagsweite von 1—2 mm. Die auf der Maschinenwelle lose sitzende Trommel hatte notwendigerweise gegen ihre Achsialführung etwas seitliches Spiel. Bei näherem Zusehen zeigte sich, daß die Welle deutlich sichtbare Achsialbewegungen im Rhythmus ihrer Eigenschwingungen ausführte, während die träge Masse der Trommel annähernd in Ruhe blieb.

Ich vermutete zunächst, daß die Erscheinung von der Verkürzung herrührte, die jeder Körper bei starkem Verwinden erleidet und die man besonders deutlich an Seilen beobachten kann. Ich wandte mich an Herrn Professor Föppl, München, mit der Bitte um Auskunft, ob rechnerische Untersuchungen hierüber vorlägen, erhielt jedoch den Bescheid, daß im fraglichen Falle die Größenordnung der zu erwartenden Kontraktion weit unter der beobachteten Verschiebungsgröße lag. Dagegen machte mich Professor Föppl darauf aufmerksam, daß die Erscheinung von periodischen Längenänderungen des Schiffskörpers herrühren könne, nachdem die Relativ-Verschiebung auch an den Lauflagern sichtbar war.

Eine Erklärung in dieser Weise trifft jedoch ebenfalls nicht zu, weil die erregende Ursache, nämlich starke Schiffsvibrationen, fehlte und die Relativbewegung auch noch ganz nahe dem Drucklager, d. h. der Befestigungsstelle der Welle gegen das Schiff, an einem freien Lauflager zu erkennen war.

Es bleiben daher zwei Erklärungen: daß die Welle unter dem Einfluß stark wechselnden Propellerschubes in Longitudinalschwingungen gegenüber dem starr angenommenen Drucklagerunterbau versetzt wird, oder daß der wechselnde Schub das stark auf Biegung beanspruchte Drucklagerfundament selbst in leichte elastische Bewegungen versetzt.

Beide Erklärungen tragen der Tatsache Rechnung, daß die Erscheinung Hand in Hand mit den Torsionsschwingungen zu- und abnahm. Auf Grund



meiner Rechnungen und Beobachtungen, deren ausführliche Darlegung nicht hierher gehört, kommt tatsächlich in den angezogenen Fällen nur die minimale elastische Federung des Unterbaues als Ursache der kleinen Wellenverschiebungen in Betracht, wobei jedoch Eigenschwingungs- oder gar Resonanzerscheinungen der oben genannten Art (z. B. Longitudinalschwingungen) in andern Fällen sehr wohl mit im Spiele sein können. Für sich allein auftretende Longitudinalschwingungen müßten allerdings gegen das Drucklager hin verschwinden.

Jedenfalls aber kann man aus den Federungen rückwärts auf die Größe der Schwankungen des Propellerschubes schließen, die mit den starken Torsionsschwingungen demnach unzertrennbar verbunden sind.

Die genannten Beobachtungen waren mir um so interessanter, als sie durch ähnliche Erscheinungen an einem Versuchsboot bestätigt und dabei durch quantitative Messungen ergänzt wurden. Hierauf werde ich später zurückkommen.

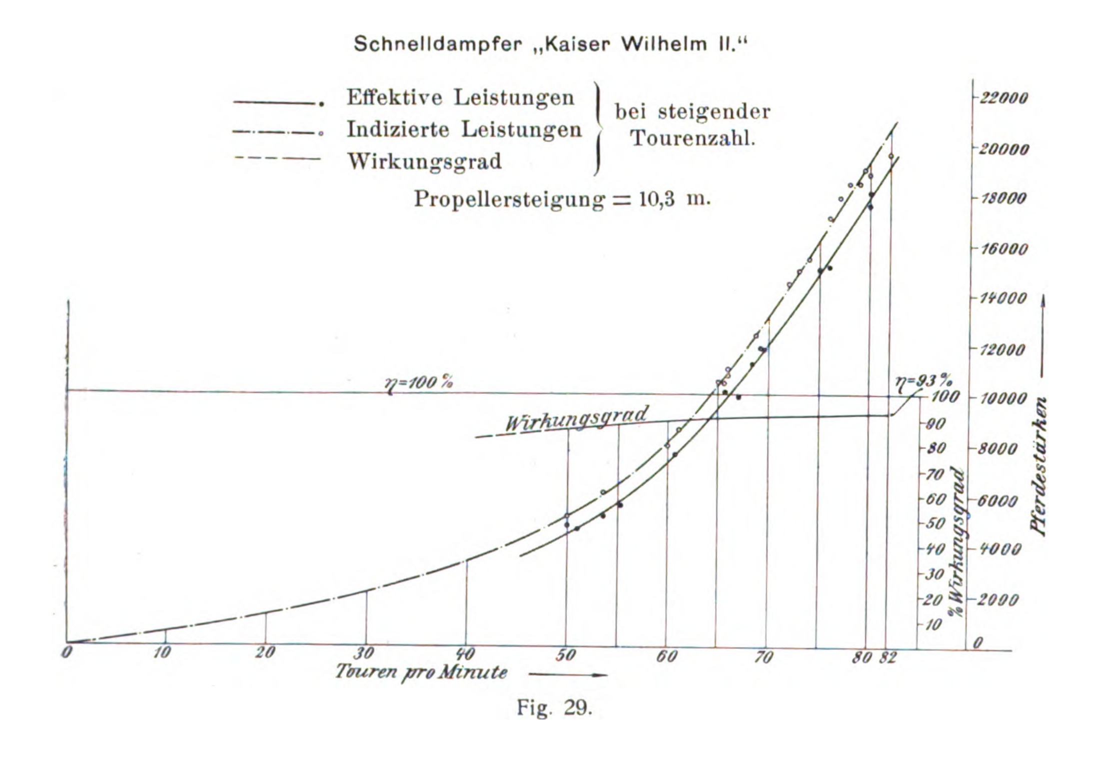


Fig. 29.

Die Versuche auf Schnelldampfer „Kaiser Wilhelm II."

fanden während der Probefahrt und der ersten Reise nach New-York statt; sie sind deshalb besonders bemerkenswert, weil es sich dabei um Be-

Schnelldampfer „Kaiser Wilhelm II".

Verlauf der effektiven Drehmomente bei steigender Tourenzahl.

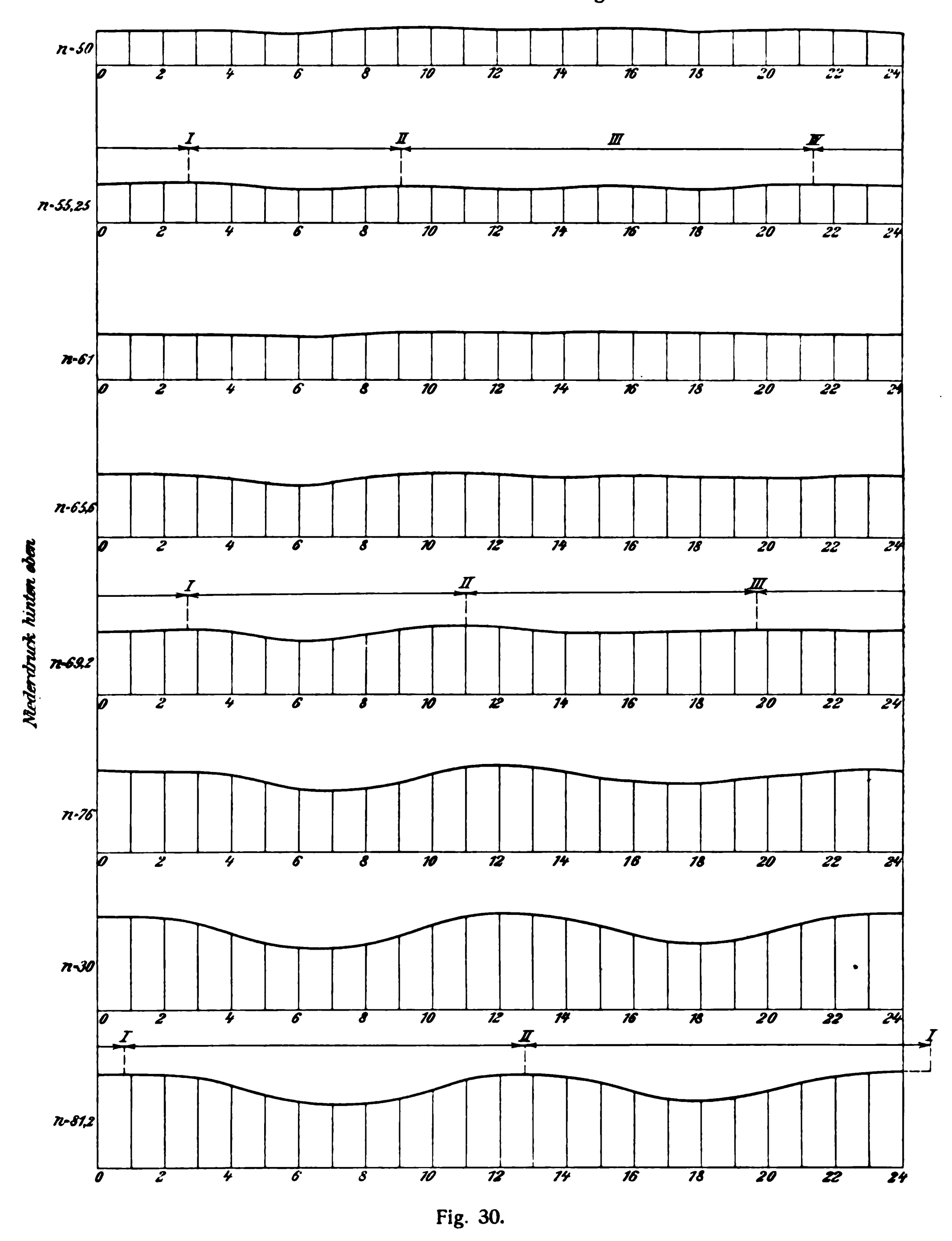


Fig. 30.

stimmung der Bremsleistung und Drehmomente der größten Maschine der Welt handelte: Die St. B. Welle, auf welcher der Apparat saß, übertrug

bis zu 20 000 PSe bei 80 Touren. Die 6-kurbelige Vierfach-Expansionsmaschine mit 8 Zylindern ist auch inbezug auf die Momente II. Ordnung fast vollständig ausbalanziert.

Die Einfachheit der Leistungsmessung aus einem einzigen Diagramm mit dem Torsionsindikator trat hier besonders deutlich hervor, gegenüber den 16 Diagrammen, welche zur Bestimmung der indizierten Leistung nötig waren.

Fig. 29 zeigt wieder den Verlauf der effektiven und indizierten Leistungen bis herunter zu $^1/_5$ der Maximalleistung, gemessen auf der Probefahrt. Der Wirkungsgrad stieg dabei bis auf 93 %. Aus den entsprechenden Kurven der ersten Reise ergab sich maximal 95 %. Der mit

Schnelldampfer „Kaiser Wilhelm II.“

Kopie eines bei der Probefahrt genommenen Originaldiagrammes.

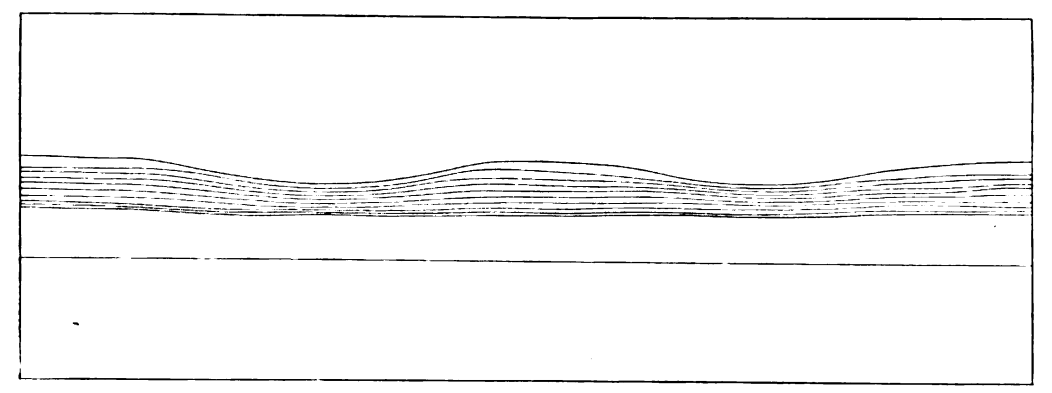


Fig. 31.

Berücksichtigung unvermeidlicher Beobachtungsfehler (± 1 %) resultierende Mittelwert 94 % deckt sich mit der für den Kreuzer ermittelten Zahl.

Die theoretische Berechnung der Torsions-Eigenschwingungszahl der Welle ergab 218 Schwingungen pro Minute, sodaß bei

109	Touren	218 : 109 = 2	Eigenschwingungen
72,7	„	218 : 72,7 = 3	„
54,5	„	218 : 54,5 = 4	„

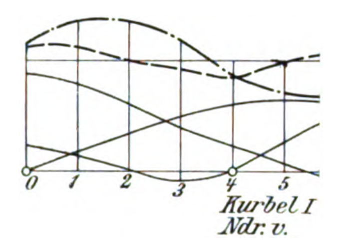
der Welle auf einen Maschinenumgang zu erwarten waren.

In Fig. 30 ist nun eine Zusammenstellung der bei verschiedenen Touren erhaltenen effektiven Drehkraftdiagramme gegeben. Dieselben zeigen



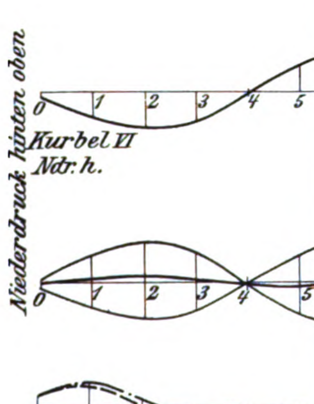
Schnelldampfer „Kaiser

Tangentialkraftkurv



0 1 2 3 4 5
Kurbel VI
Ndr. h.

0 1 2 3 4 5
Kurbel I
Ndr. v.



T_{min}
0 1 2 3 4 5
Kurbel VI
Ndr. h.
Kurbel I
Ndr. v.

durchweg ein außerordentlich gleichmäßiges Drehmoment, das bei Tourenzahlen unter 65 fast als konstant bezeichnet werden kann. Erst bei den höchsten Tourenzahlen, über 80 pro Minute, beginnt eine leichte Torsionsschwingung mit 2 Schwankungen pro Umdrehung sich auszubilden, während bei den kritischen Tourenzahlen 72 und 54 die erwarteten 3 bezw. 4 Schwingungen fast vollständig ausblieben.

Besonders schön zeigt diese Erscheinungen die Kopie eines Originaldiagramms, Fig. 31, das auf der Probefahrt bei langsamer Steigerung der Geschwindigkeit genommen wurde.

Die außerordentlich kleinen Schwingungsamplituden selbst bei der „kritischen“ Tourenzahl 72 mußten nach früheren Erfahrungen im höchsten Grade überraschen. Indessen gab die Aufzeichnung der Tangentialdruckdiagramme Fig. 32 und 34 darüber vollständigen Aufschluß.

Schnelldampfer „Kaiser Wilhelm II.“
Kurbelstellung.

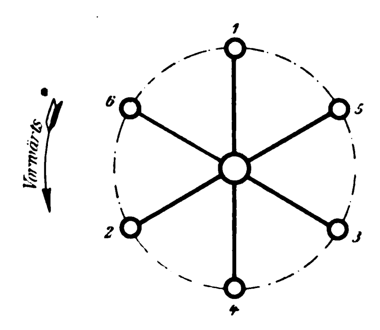


Fig. 33.

Die Maschine besteht bekanntlich aus 2 von einander unabhängigen Einzelmaschinen mit je 3 Kurbeln unter 120°; jedoch sind die Kurbeln der vorderen Maschine gegen die der hinteren um je 60° versetzt. Zunächst fällt in beiden Figuren der eigentümlich regelmäßige Verlauf der in der Diagramm-Mitte angegebenen Massendruckdrehmomente der Einzelmaschinen auf. Er bildet fast genau eine Sinuslinie mit 3 Wellen pro Umdrehung. Ein derartiger Verlauf tritt, wie ich früher gelegentlich durch Entwickelung einer Fourierschen Reihe fand, bei allen Maschinen mit ausbalancierten Kräften erster und zweiter Ordnung ein. Die Massendruckdrehmomente der beiden Maschinen heben sich, wie die vorletzte Kurve zeigt, fast vollkommen auf. Damit entfällt von vornherein einer der Faktoren, welche die 3. Harmonische

des Tangentialdiagramms in ihrer Größe bestimmen. Aber auch das resultierende Tangentialdiagramm beider Maschinen verläuft, namentlich bei 68 Touren, hervorragend günstig. Um das Ausbleiben der Torsionsschwingungen bei der kritischen Tourenzahl 72 streng wissenschaftlich zu verfolgen, wurde das jedenfalls nur sehr wenig davon verschiedene Tangentialdiagramm von 68 Touren harmonisch analysiert. Dabei ergab sich eine kaum meßbare 3. harmonische Welle von ca. 1 mm Amplitude, gegenüber einer mittleren Diagrammhöhe von ca. 60 mm. Die Ursache der Erscheinung war damit gefunden: es fehlte eine im Rhythmus der Eigenschwingungen variierende erregende Kraft, welcher die Schwingungsamplituden beim Eintritt von Resonanz proportional sind.

Trotz des Ausbleibens stärkerer Torsionsschwingungen kann jedoch, wie Fig. 32 und 34 zeigen, von einer auch nur annähernden Übereinstimmung von effektiver Drehkraft und Tangentialkraft auch hier keine Rede sein. Vielmehr ist z. B. im vorliegenden Falle der Wert $T'_{max} : T'_m$ der effektiven Drehkraftkurven 1,18 bei 80, und 1,07 bei 68 Touren in beiden Fällen bedeutend günstiger als die entsprechenden Werte 1,28 und 1,14 des Tangentialdiagramms, während sonst bei den meisten Maschinen das Umgekehrte der Fall ist.

Sehr schön konnte der Einfluß der verschiedenen Propeller-Tauchung auf das Drehmoment beobachtet werden, wenn bei leichten Stampfbewegungen die Tauchung sich rasch änderte. Ich behalte mir vor, bei Gelegenheit auf dieses Thema näher einzugehen.

Bei den

Versuchen mit einem Doppelschrauben-Versuchsboot

der Stettiner Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft „Vulcan“, dessen gesamte maschinelle und meßtechnische Einrichtung mir zur Ausarbeitung übertragen war, muß ich mich auf einige Mitteilungen allgemeiner Natur beschränken.

Im Gegensatz zu den üblichen Modellschlepp-Apparaten wurden Tourenzahl, Drehmoment und Propellerschub für B. B. und St. B. getrennt gemessen und durch einen Registrierapparat mit 11 Schreibfedern aufgezeichnet.

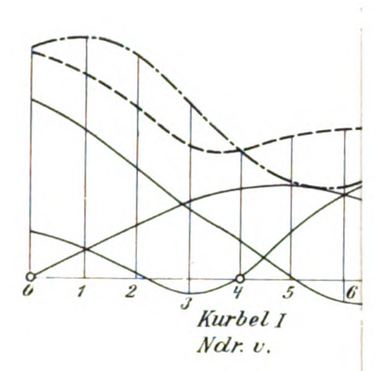
In erster Linie wurden Propellerwirkungsgrade*) untersucht und dabei in der Mehrzahl der Fälle 72—73 % bei Maximalleistung gefunden.

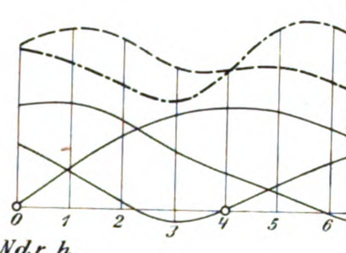
*) Derselbe wurde durch Vergleich der Nutzleistung (eff. Schub × Schiffsgeschwindigkeit) mit der an die Propellerwelle abgegebenen Effektivleistung (Drehmoment × Winkelgeschwindigkeit) ermittelt.



Vergleic

Tangentialkraftkur





Rechnet man als Verlust in den Stopfbüchsen und Lagern des Stevenrohres und Wellenbocks noch ca. 2 %, so resultiert ein reiner Propellerwirkungsgrad von ca. 74—75 %, ein auffallend hoher Wert, der an die Wirkungsgrade guter Turbinen ziemlich nahe heranreicht.

Interessante Resultate wurden bezüglich der Rückwirkung der Schiffswand und des Ruders auf Drehmoment und Schub zu Tage gefördert. Der Antrieb der Schraubenwellen erfolgte durch Gleichstrom-Serienmotoren mit Zahnradübersetzung. Es wurde daher ein absolut konstantes Drehmoment erwartet. Statt dessen vibrierten anfänglich die Torsions- und Schubzeiger bei allen Tourenzahlen so stark, daß richtige Messungen nicht zu erzielen waren. Die nähere Untersuchung der Schwingungen erwies, daß dieselben mit den Zähnezahlen der Antriebsräder zusammenhingen, deren Teilung nicht genau gleichmäßig war. Nach Einbau neuer, mehrfach durchgefräster Räder und namentlich nach Beifügung von Schwungrädern mit elastisch aufgesetzten Zahnkränzen nahm die Erscheinung stark ab. Es blieben jedoch noch immer sehr merkliche Schwingungen der Torsions- und Schubzeiger mit drei Perioden pro Umdrehung, welche auf die Rückwirkung der Bordwand auf den dreiflügeligen Propeller zurückgeführt wurden. Eine Bestätigung dieser Vermutung ergaben sich aus folgenden Tatsachen:

1. Die Schwingungen der Zeiger wurden bei gleicher Zahnradübersetzung umso stärker, je größer die Flügelfläche des betreffenden Propellers war.

2. Wurde das Ruder nach B. B. oder St. B. gelegt, so geriet der betreffende Torsions- und Schubzeiger in derart heftige Schwingungen, daß oft eine Beschädigung der Übertragungsteile befürchtet wurde und die Schreibfedern häufig abbrachen.

   Zur Veranschaulichung dieser Erscheinung ist in Fig. 35 die Kopie eines Original-Diagrammes dargestellt, das bei einer solchen Versuchsfahrt erhalten wurde. Der Schub zählt von den inneren, die Torsion von den äußeren Null-Linien aus. Die regelmäßig gezackten Linien oben und unten sind die Umdrehungen, desgl. in der Mitte die Zeit in Sekunden.

   Gleichzeitig geschriebene Punkte sind mit gleichen Ziffern bezeichnet. Vom Anfang bis Punkt 0 währt die Anfahrperiode mit stufenweise eingeschaltetem Strom, von 0 ab wurde das Ruder abwechselnd nach St. B. und B. B. gelegt.



Es ist deutlich zu erkennen, daß jedesmal die Zeiger der betr. Schiffsseite heftige Schwankungen von Schub und Torsion meldeten*).

3. Auf Anregung meines Kollegen Dipl.-Ing. E. Linder wurden die Propellerwellen um 500 mm nach hinten verlängert und die Propeller auf die hinter dem Ruder liegenden Wellenenden gesetzt. Dabei ergab sich, daß die Schwingungen bis auf einen ganz geringen von den Zahnrädern herrührenden Betrag verschwanden. Wurde dagegen das jetzt vor dem Propeller liegende Ruder hartbord gelegt, so gerieten die Zeiger der betr. Bordseite in die heftigsten Vibrationen.

Ich brauche wohl kaum zu erwähnen, daß derartige Versuche niemals nach den Methoden der Modell-Schleppstationen und auch im vorliegenden Falle nur durch die unmittelbare Messung der Drehmomente möglich waren.

Die wirkliche Größe der bei 500—600 Touren schon 1500—2000 mal pro Minute oszillierenden Schwankungen läßt sich natürlich aus den Diagrammen wegen der sehr starken Massen- und Federwirkungen nicht genau ablesen; immerhin ist eine Abschätzung der Größenordnung wohl möglich.

Jedenfalls aber wird durch die vorliegenden Versuche der experimentelle Beweis für die schon bei dem Kreuzer ausgesprochene Vermutung erbracht, daß mit heftigen Torsionsschwingungen des Propellers immer auch Schubschwankungen der gleichen Größenordnung Hand in Hand gehen.

Die außerdem experimentell bewiesene Tatsache der Rückwirkung von Bordwand und Ruder auf den Propeller steht im Widerspruch mit Messungsergebnissen von Dr. Bauer, die scheinbar von Frahm bestätigt gefunden wurden. Der Widerspruch erklärt sich durch die verschiedene Empfindlichkeit der verwendeten Meßvorrichtungen.

Der Bauersche Stimmgabel-Geschwindigkeitsmesser war genügend, zum erstenmal Torsionsschwingungen experimentell zu konstatieren, versagte aber gegenüber den feineren Schwankungen, welche mit dem Torsionsindikator

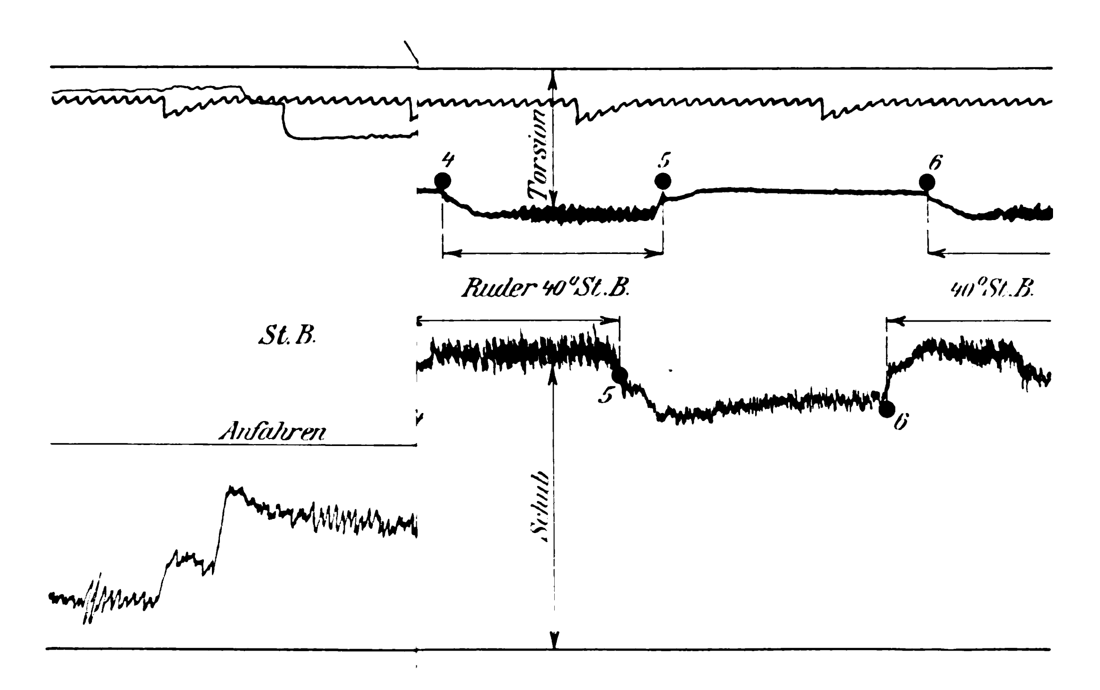
---

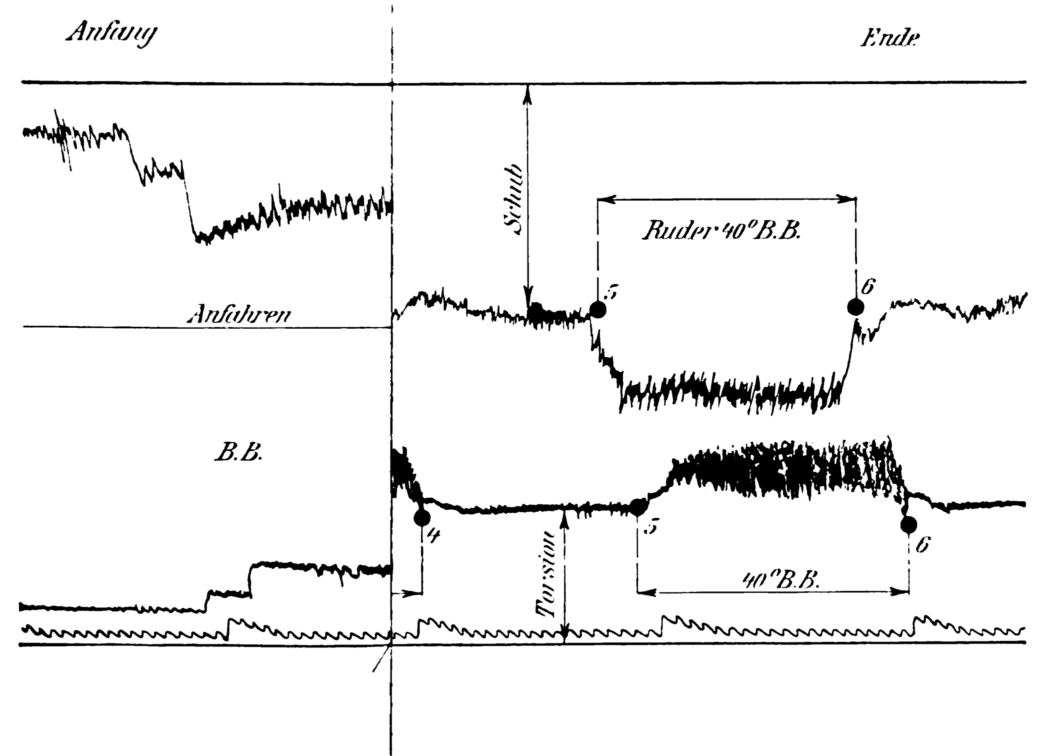
*) Der St. B. Torsionsanzeiger gab wegen beträchtlichen toten Ganges im Übertragungsmechanismus immer viel kleinere Schwingungen an als der B. B. Zeiger; die Schubschwankungen sind jedoch richtig wiedergegeben und daher für B. B. und St. B. gleich groß. Dabei mußte die Frage erwogen werden, ob die Zeigerschwingungen nicht nur von Vibrationen (Torsionsschwingungen) des Schiffskörpers herrührten. Dies war jedoch deshalb ausgeschlossen, weil alsdann die ähnlich gelegenen Zeiger gleichzeitige starke Vibrationen hätten ergeben müssen.





der Schrauben.





nachgewiesen wurden*). Ähnliches gilt auch von den Messungen Frahms, bei denen die sehr starken Resonanzschwingungen jede weniger intensive Erscheinung verdecken mußten.

Wesentlich praktischeren Zwecken dienten die

Versuche zur Bestimmung des Schubmoduls für die Laufwellen von S. M. S. „Lübeck",

die in den Werkstätten der Stettiner Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft „Vulcan" auf meine Anregung hin stattfanden, um für die Probefahrten einwandfreie Unterlagen zu schaffen. An Stelle von Probewellen kleineren Durchmessers wurden zum erstenmal die vier Betriebswellen selbst (160 mm Durchmesser) untersucht, auf denen die Torsionsindikatoren montiert werden sollen. Die Versuchsanordnung ist in Fig. 36 skizziert.**)

Die betr. Welle wurde mit dem einen Flansch gegen ein kräftiges Gestell aus Montage-Unterlagen gespannt und am andern Ende in einem Kugellager gelagert. Der freie Flansch trug einen doppelarmigen Hebel von 2×2 m Länge. Die Hebelenden wurden durch einstellbare Druckstangen abwechselnd in die Höhe geschraubt; der Druck nach unten wurde durch zwei kurz vorher geaichte Dezimalwagen gemessen.

Zur Bestimmung des Verdrehungsbogens wurden an der Welle zwei kleine Spiegel befestigt, denen gegenüber je ein Präzisionstheodolit und ein vertikaler Maßstab so aufgestellt war, daß im Fadenkreuze des Fernrohres das Spiegelbild der Maßstabteilung sichtbar wurde. Die geringste Drehung der Welle verschob den im Fernrohr sichtbaren Teilpunkt nach oben oder unten. Der Unterschied der an beiden Maßstäben beobachteten Verschiebungen gab den doppelten Verdrehungsbogen des zwischen den Spiegeln liegenden Wellenstücks. Die Anordnung stellt die bei allen physikalischen Feinmessungen übliche Spiegelablesung von Poggendorff dar.

Die Belastungen jedes Wellenendes wurden bis 1 500 kg gesteigert, um den Modul für ein die Betriebsspannungen um ca. 30 % überschreitendes Gebiet zu ermitteln. Der Wellen-Durchmesser wurde an zahlreichen Stellen mit dem Mikrometer gemessen. Wegen der bei den ersten Belastungen ein-

*) Geschwindigkeitsmessungen sind hierfür überhaupt nicht geeignet, weil die Geschwindigkeitsschwankungen der schweren Propeller immer von sehr viel kleinerer Größenordnung als die Kraftschwankungen sind.

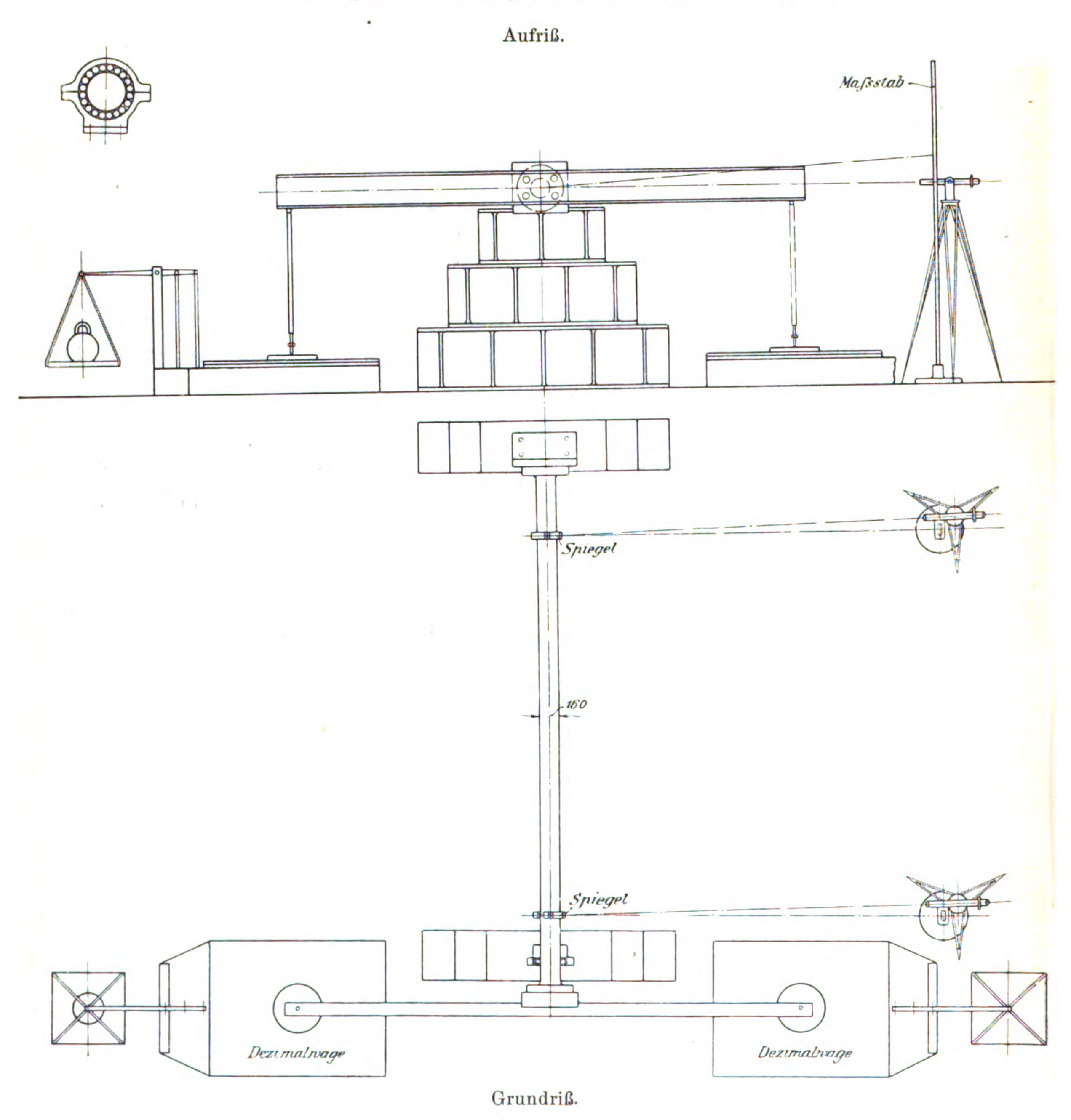
**) Eine ähnliche Versuchsanordnung mit hydraulischer Presse wurde mir gelegentlich einer Anfrage bezüglich Elastizitätszahlen modernen Wellenmaterials in liebenswürdigster Weise von Herrn Geheimrat Martens, Berlin, vorgeschlagen.



S. M. S. „Lübeck“.

Meßanordnung zur Bestimmung des Schubmoduls der Laufwellen.

Aufriß.



Grundriß.

Fig. 36.

tretenden bleibenden Formänderungen wurden die Wellen vor dem eigentlichen Versuch ca. 20mal in beiderlei Sinn mit der Maximalbeanspruchung verdreht.

Beim Versuch selbst wurde jede Ablesung von drei Beobachtern ausgeführt und das Mittel genommen, um individuelle Fehler möglichst zu eliminieren.

Die Auswertung geschah mit Berücksichtigung des Wertes der einzelnen Beobachtungen, welcher proportional der Zahl der Einzel-Ablesungen und der Belastungsgröße gesetzt wurde, und lieferte für

Welle	I	den	Wert	$G = 826\,700$ kg/cm²
	II	„	„	$G = 832\,500$ „
	III	„	„	$G = 829\,800$ „
	IV	„	„	$G = 826\,200$ „
Mittelwert	.	.		$G = 828\,800$ „

Die Übereinstimmung der sicher aus verschiedenen Blöcken geschmiedeten Wellen ist überraschend gut; die größte Abweichung eines Einzelwertes (832 500) vom Mittelwert beträgt nur 4,45 ‰, also weniger als 0,5 Prozent. Die Wellen bestehen aus geschmiedetem Tiegelstahl von 45—50 kg/qmm Festigkeit und über 20 % Dehnung. Interessant ist die Übereinstimmung mit dem von Frahm für Siemens-Martin-Stahl angegebenen Mittelwert 828 000 kg/cm². Der Unterschied beträgt nur 0,1 % = 1 ‰.

Neuerdings an 2 Betriebswellen (175 Durchmesser) eines anderen Turbinendampfers von mir angestellte Messungen ergaben für

Welle I	$G = 820\,200$ kg/cm²
„	$G = 839\,000$ „
Mittelwert	$G = 829\,600$ „

Abweichung vom Mittelwert = 1,1 %

Material: Siemens-Martin-Stahl von 44—50 kg/qmm Festigkeit und über 20 % Dehnung.

Der Mittelwert deckt sich wieder genau mit dem von Frahm angegebenen. Die größere Abweichung der Einzelwerte erklärt sich daraus, daß die Wellen der Bestellung gemäß aus verschiedenen Teilen ein und desselben Ingots geschmiedet sind, die bekanntlich ziemlich verschiedenes Gefüge aufweisen.

Zusammenfassung der Resultate.

Durch die Versuche wurden zunächst die Resultate meiner früheren Untersuchungen, die sich mit denen von Frahm vollständig decken, in allen Punkten bestätigt und in verschiedener Richtung ergänzt.



1. Durch die kurze Wellenlänge, welche der Apparat bedarf, wurde zum erstenmal die Torsionsmessung auch auf einem Kriegsschiffe mit ganz kurzer Laufwellenleitung ermöglicht. Es zeigte sich, daß auch hier die Drehmomente bei allen Tourenzahlen überwiegend durch Torsionsschwingungen der Welle bestimmt werden. Der sogenannte „gute“ oder „schlechte“ Gesamtverlauf des Tangentialdiagramms erwies sich für den Verlauf dieser Schwingungen als nicht maßgebend, trotz des harmlosesten Tangentialdiagrammes können die stärksten Torsionsschwingungen zustande kommen, da für deren Erregung immer gerade die Größe derjenigen harmonischen Welle desselben praktisch in Betracht kommt, welche in ihrer Zeitdauer am meisten mit der Eigenschwingungsdauer der Wellenleitung übereinstimmt. Die Größe dieser einzelnen Wellen läßt sich durch oberflächliche Betrachtung nicht beurteilen. Ähnliche Drehkraftdiagramme, wie sie hier erhalten wurden, sind bestimmt auch bei anderen Kriegsschiffen zu erwarten.

2. Die Versuche auf dem Schnelldampfer erbrachten das praktisch wie wissenschaftlich gleich interessante Resultat, daß auch bei den „kritischen“ Tourenzahlen selbst stärkere Torsionsschwingungen verschwinden, wenn die erregende harmonische Welle des Tangentialdiagramms verschwindet. Bei gewöhnlichen Drei- und Vierkurbelmaschinen wird dies allerdings kaum jemals eintreten, vielmehr hängt die Erscheinung im vorliegenden Fall mit der Anordnung von 6 Kurbeln, und indirekt mit der ausgezeichneten Ausbalanzierung der Maschine zusammen.

3. Als Maschinenwirkungsgrad wurde bei beiden Schiffen ein Maximalwert von ca. 94% ermittelt, der demnach die äußerste erreichbare Grenze darzustellen scheint, unabhängig davon, ob es sich um eine Maschine von 5000 oder 20000 PS handelt. Die Untersuchung der Wirkungsgrade ein und derselben Maschine bis herunter zu $^1/_{10}$ der Vollkraft gab zum erstenmal einen genaueren Einblick in den Verlauf dieser Zahl für Schiffsmaschinen bei geringerer Belastung.

4. Die Beobachtungen auf dem Kreuzer gaben im Verein mit früheren Beobachtungen auch Anlaß zu der Schlußfolgerung, daß mit den Torsionsschwingungen immer auch Schwankungen des Propellerschubes von gleicher Größenordnung wie die der Drehmomente verbunden sind. Durch die Untersuchungen auf dem Versuchsboot wurde diese Folgerung experimentell bestätigt. Versuche zur zahlenmäßigen Ermittelung der Schwankungen als Funktion der Geschwindigkeit sind in Aussicht genommen.



5. Ferner wurde mit dem Versuchsboot der experimentelle Beweis für die bisher bestrittene Tatsache erbracht, daß die Bordwand eine merkliche, das Ruder eine ganz beträchtliche Rückwirkung auf das Drehmoment der Welle ergibt.

Ebenso wurde festgestellt, daß Rückwirkungen gleicher Größenordnung auch auf den Schub geäußert werden. Daß infolgedessen auch die Geschwindigkeit des Propellers Schwankungen aufweist, ist nach den Grundgesetzen der Mechanik selbstverständlich.

6. Von großer Bedeutung für die praktische Anwendbarkeit der Torsionsindikatoren ist die Beobachtung, daß der Schubmodul bei den beschriebenen Versuchen an wirklichen Betriebswellen überraschend geringe Unterschiede zeigte und daß der ermittelte Wert für Tiegelstahl mit dem von Frahm veröffentlichten für Siemens-Martin-Stahl fast genau übereinstimmt. Dies ist umso bemerkenswerter, als gerade hierüber oft ganz irrige Ansichten zu hören sind. —

Zum Schlusse möchte ich die dankenswerte Unterstützung erwähnen, die ich bei der Auswertung der Versuchsergebnisse durch Herrn Dipl.-Ing. G. Jahn fand, der auch an der Ausarbeitung der Apparate mitgewirkt hat, desgleichen die Unterstützung, die mir Herr Dipl.-Ing. E. Linder bei den Schubmodulbestimmungen zuteil werden ließ.

Meinen besonderen Dank möchte ich auch an dieser Stelle der Direktion der Stettiner Maschinenbau-Aktiengesellschaft „Vulcan" aussprechen, welche mir die ausführliche Veröffentlichung der Konstruktionen und Versuche in freimütigster Weise gestattet und durch Eingehen auf alle meine Anregungen dem neuen Meßverfahren zu seinen bisherigen wissenschaftlichen und praktischen Erfolgen verholfen hat.

Diskussion.

Herr Konsul Schlick-Hamburg:

Ich glaube, m. H., wir sind Herrn Föttinger für den Vortrag, den er uns gehalten hat, zu großem Danke verpflichtet. Er hat da ein Gebiet aufgeschlossen, das bis jetzt eigentlich neu ist, und wir können zum ersten Male sehen, wie sich der Wirkungsgrad der Maschine, d. h. das Verhältnis der effektiven zu der indizierten Leistung herausstellt. Ich glaube, das ist ein Erfolg, der garnicht hoch genug angeschlagen werden kann, und dafür sind wir Herrn Föttinger zu großem Danke verpflichtet.



Ich möchte nur noch auf einen Punkt zurückkommen, den er speziell am Ende seines Vortrages erwähnt hat, nämlich auf den Einfluß, den das Ruder auf die Umdrehungsgeschwindigkeit der Schraube ausübt. Ich habe bei den letzten Schnelldampfern durchweg eingehende pallographische Untersuchungen angestellt, und zwar mit einem Apparat, der wesentlich anders gestaltet ist, als das früher von mir benutzte Instrument, nämlich einen Apparat, der eine Einrichtung hat, wobei sich bei jeder Umdrehung der Maschine eine Marke auf den Papierstreifen des Diagramms zeichnet. Gleichzeitig wird auf den Papierstreifen auch die Zeit markiert, sodaß sich nach jeder Sekunde eine Marke zeichnet. Man kann auf diese Weise die Umdrehung der Maschine pro Minute ungefähr bis auf 5 % von einer Umdrehung genau berechnen, vorausgesetzt, daß die Umdrehungen sich vielleicht auf 80 bis 90 pro Minute belaufen. Dabei hat sich herausgestellt, daß die Umdrehungen der Maschine innerhalb einer Minute ganz beträchtlich hin- und herschwanken. Die Umdrehungen gehen von 80 hinauf bis 81, dann wieder herunter auf 79 und dann drei-, viermal hin und her. Ich kann das nur auf das Überlegen des Ruders zurückführen, wie das auch die Beobachtung bestätigt. Es handelte sich hierbei um Zweischraubenschiffe, wo die Wirkung des Ruders vielleicht eine größere ist wie beim Einschraubenschiff. Ich finde, daß dies ein Punkt ist, der bei Berechnung der Maschinenleistung wohl zu berücksichtigen ist.

Herr Geheimer Regierungsrat, Professor Flamm-Berlin:

Die Untersuchungen. die Herr Föttinger im Anschluß an seine früheren Arbeiten hier wieder veröffentlicht hat, zeigen nach einer Richtung einen wesentlichen Fortschritt und zwar ist das der, daß es ihm gelungen zu sein scheint, den Schub der Schrauben neben den Torsionsbestimmungen, die früher schon vorlagen, auch wieder zu ermitteln. Es ist ja gerade die Darlegung nicht nur des Nutzeffektes der Maschine als solcher, sondern auch die Darlegung des Nutzeffektes des Propellers, etwas, was wir für allgemein wichtig halten, und wenn die Versuche, die Herr Föttinger nach dieser Richtung hin angestellt hat, und wie es scheint auch mit Erfolg, noch weiter fortgesetzt werden, so würde dadurch eine wesentliche Ergänzung der Untersuchungen geschaffen sein, die heute schon in den Versuchsbassins mit Schiffsmodellen und den zugehörigen Propellern gemacht werden und die ja zum Teil heute Morgen in dem ersten Vortrage auch angeschnitten worden sind. Kennt man nämlich genau den Nutzeffekt der Maschine und denjenigen des Propellers, so ergibt das Produkt beider den Wirkungsgrad der gesamten Anlage; man kann also sofort die effektiven Pferdestärken, die Nutzarbeit bestimmen; dividiert man diese Nutzarbeit in sec./mkg durch die zugehörige Schiffsgeschwindigkeit in m/sec. so erhält man den wahren Widerstand des durch die Propeller vorwärts getriebenen Schiffes in kg. Man hat somit einen vorzüglichen Vergleich mit den aus den Modellversuchen nach der Froudeschen Methode errechneten Widerständen und kann sehen, wie beide zueinander passen. Ich bin der Ansicht, daß man auf solche Weise, wenn genügend Resultate vorliegen, die heute übliche Froudesche Methode kontrollieren und verbessern kann.

Nun findet die Übereinstimmung der wenigen Zahlen, welche in dem Vortrage vorhanden waren und welche sich auf 5000-pferdige bis 20000-pferdige Maschinen bezogen, eine gewisse Bestätigung darin, daß auf eine Anregung, welche ich vor zwei Jahren auf dem internationalen Schiffahrtskongreß in Düsseldorf gab, eine holländische Firma, und zwar die Werft in Kinderdyk, durch ihren Direktors Murk Sels auch Versuche mit einem kleinem Dampfer ausgeführt hat. Es war das eine Maschine von ungefähr 260 Pferden. Herr Sels hatte damals das Drucklager auf eine Gleitbahn gesetzt und mit zwei Dynamometern verbunden, sodaß durch den Schraubenschub eine Bewegung in der Achsrichtung der Welle eintreten konnte. Nun ist damals das interessante Resultat erzielt worden, daß für diese mit ziemlich rohen Mitteln ausgeführten Versuche sich auch ein Wirkungsgrad des Propellers ergab, der





sich mit dem heute angegebenen ziemlich deckt. Der Wirkungsgrad, der damals als Resultat angegeben wurde, war etwas über 70 % und das für eine wesentlich kleinere Maschine, die ja auch im allgemeinen ungünstiger arbeitet, zumal das Fahrzeug, ein gewöhnlicher Schlepper, eine ungünstigere Form hatte, als die im Föttingerschen Vortrage behandelten Schiffe, also auch das Wasser wahrscheinlich dem Propeller ungünstiger zufließen ließ.

Wenn nun, wie oben gesagt, genügend viele Versuche ausgeführt werden, und die Versuchsresultate in Parallele gesetzt werden mit den Daten, die wir heute aus den Bassinversuchen bekommen, dann würde dadurch eine vorzügliche Vergleichsmöglichkeit gegeben werden! Ich stehe heute den Resultaten aus den Modellversuchen und besonders den Schraubenversuchen in den Versuchsbasssins nicht ganz sympatisch gegenüber. Ich bin der Meinung, daß diese Versuche unter gewissen Einwirkungen leiden, die ihre Genauigkeit doch sehr herabsetzen. Man hat bei den Versuchen mit Modellen und Propellern im allgemeinen die Anordnung derart, daß das Modell frei im Wasser um eine horizontale Querachse schwingend angeordnet ist, während die Propeller von dem zweiten Teil des Registrierwagens aus an diejenige Stelle den Modellen gegenüber gebracht werden, welche sie in Wirklichkeit beim Schiffe einnehmen. —

Es wird nun bei der Fahrt der Propeller einmal durch eine vollständig von der Rotation des Propellers unabhängige Kraft, nämlich den ihn tragenden Registrierwagen, horizontal vorwärts bewegt; die Schubwirkungen der Schraube, die sich hierbei ergeben und registriert werden, sind insofern vielleicht nicht ganz einwandfrei, als ja in Wirklichkeit der Propeller sich selbst vorwärts treibt und die horizontale Geschwindigkeit eine Funktion seiner Umdrehungen und Steigung ist. Bei den Bassinversuchen sind aber die beiden Bewegungen des Propellers, die rotierende und die horizontal vorwärtsschreitende, zweifellos voneinander unabhängig, folglich kann sehr wohl der registrierte Schub einer gewissen Einwirkung unterliegen, die das wahre Resultat beeinflußt. Dann kommt hinzu, daß das Modell naturgemäß bei Steigerung der Geschwindigkeit mehr oder weniger stark trimmt. Die Folge ist, daß die Propeller, da sie im allgemeinen starr unter ihrem Registrierwagen hängen und mit dem Modell nicht verbunden sind, eine ganz andere relative Lage gegenüber dem Modell einnehmen, als es in Wirklichkeit der Fall ist. Denken sie sich ein stark trimmendes Fahrzeug, besonders bei hoher Geschwindigkeit, so kann es vorkommen, daß das Heck weit ins Wasser tritt und der Propeller somit ganz anders seinen Wasserzufluß erhält, als es in Wirklichkeit der Fall ist, wo die Propeller, in das Schiff eingebaut, mit dem Schiffe selbst trimmen. Dasselbe wird der Fall sein, wenn wir annehmen, daß das Fahrzeug mit Wellenhosen gebaut ist. Da werden die Propeller oft genug nicht mehr dem Wellenmittel, soweit dies am Modell angegeben ist, gegenüberliegen, sondern mehr oder weniger stark davon abweichen. Natürlich wird das auch eine Einwirkung auf den registrierten Modellwiderstand und Propellerschub haben.

Wenn also die Versuche, die Herr Föttinger hier berührt hat, noch weiter ausgestaltet würden und etwa uns spezielle Daten über den Axialschub, den Nutzschub der Schrauben gegeben würden, so würde dadurch ein ganz vorzügliches Vergleichungsmaterial geschaffen werden und fraglos auch eine wesentlich größere Klarheit sowohl über den heutigen Stand der Widerstandsberechnung wie der Beeinflussung des Fahrzeuges durch die Propeller und schließlich des Wirkungsgrades der Propeller selbst gegeben werden.

Herr Diplom-Ingenieur H. Föttinger-Stettin, (Schlußwort):

Ich möchte zunächst auf die Ausführungen des Herrn Konsul Schlick erwidern und eine kleine Richtigstellung vornehmen. Ich habe nicht gesagt, daß die Rückwirkung der Bordwände und des Ruders auf den Propeller starke Unterschiede in der Umdrehungsgeschwindigkeit des Propellers hervorruft. Schwankungen der Geschwindigkeit sind sicher vorhanden, denn mit einer Änderung der Drehmomente geht immer auch eine Ände-



rung der Geschwindigkeiten Hand in Hand. Jedenfalls aber ist die Änderung der Geschwindigkeit eine sehr viel kleinere als die Änderung der betreffenden Kräfte. Die Beobachtung des Herrn Konsul Schlick, daß die Tourenzahl der Schraubenwelle im Verlaufe einer Minute beträchtlich schwankt, stimmt mit Beobachtungen überein, die ich auf dem Schnelldampfer „Kaiser Wilhelm II." während der Überfahrt nach New-York machte. Es zeigte sich da im Torsionsdiagramm eine der Geschwindigkeitsänderung entsprechende Änderung der Drehmomente, die durch die geänderte Tauchung der Propeller als eigentliche Ursache hervorgerufen wird. Die Tauchungstiefe ist ein Punkt, auf den bisher in der Berechnung der Schrauben niemals Rücksicht genommen worden ist. Ich habe früher schon der Stettiner Maschinenbau-Aktiengesellschaft „Vulcan" gegenüber gerade auf diesen Punkt nachdrücklich hingewiesen. Die Tauchung der Propeller hat einen ganz bedeutenden Einfluß auf das von der Schraube verzehrte Drehmoment, beziehungsweise auf den Schub der Schraube, wie man deutlich an den Torsionsdiagrammen beobachten kann, wenn das Schiff leichte Schlinger- oder Stampfbewegungen ausführt. —

Den Ausführungen des Herrn Geheimrat Flamm möchte ich folgendes beifügen. Die Schubmessung hat zwar mit dem Torsionsindikator, der mein heutiges Thema bildete, direkt nichts zu tun, im übrigen sind aber die Versuchsresultate nur durch die Kombination der direkten Torsionsmessung (an Stelle einer etwaigen elektrischen Messung der zugeführten Leistung) mit der Schubmessung ermöglicht worden. Bei der Bestimmung der Pferdezahl eines Schiffes sind drei ziemlich unsichere Größen anzunehmen, der wirkliche Schiffswiderstand, der Wirkungsgrad des Propellers und der der Maschine. Der erstere läßt sich annähernd durch Modellschleppversuche, der letztere sehr genau mit dem Torsionsindikator experimentell bestimmen. Die größten Schwierigkeiten jedoch bietet die Bestimmung des Propellerwirkungsgrades. Auf dem Versuchsboote des „Vulcan" ließ sich die Messung des Schubes wegen der geringen Kräfte trotz der hohen Tourenzahl relativ leicht ermöglichen, und die Schubmessung, getrennt für beide Schrauben, ist, wie ich glaube, mit sehr großer Genauigkeit ausgeführt worden. Anders ist das bei großen Schiffen. Die gewaltigen Schubkräfte, welche 20, 50 und bei ganz großen Schnelldampfern bis zu 75 t pro Welle betragen, lassen sich natürlich sehr schwer durch Kombinationen von Maschinenelementen aufnehmen, welche nicht absolut starr sind. Wenn man z. B. die Drucklagerspindel, wie das schon vorgeschlagen wurde, auf elatische Membranen, sogenannte Meßdosen drücken läßt, mit denen in Festigkeitslaboratorien die Kräfte gemessen werden, so ist das für den Vorwärtsgang ja ganz schön. Bei Rückwärtsgang jedoch entsteht wegen der unumgänglichen Federung unbedingt ein kleiner Spielraum, und innerhalb desselben ist die Welle eigentlich frei beweglich. Wenn nun der Schub starken Schwankungen unterliegt, so ist es möglich, daß er auch negative Werte erreicht. Ich weiß darüber nichts bestimmtes, aber nachdem die Torsion in solch außerordentlich weiten Grenzen infolge von Torsionsschwingungen schwanken kann, ist es sehr wohl möglich, daß auch der Schub der Schraube negative Werte erreicht, sodaß momentan der Propeller das Schiff zurückhält. Es liegen darüber Zahlenwerte bis jetzt nicht vor. Ich habe indes eine Versuchsanordnung auf dem Versuchsboote in Aussicht genommen, die zur Ermittelung des zahlenmäßigen Zusammenhangs zwischen Schub- und Geschwindigkeitsschwankungen dienen soll. Auf großen Schiffen sind derartige Messungen, wie gesagt, außerordentlich schwierig. Es könnte allerdings möglich sein, daß man z. B. gerade aus der elastischen Federung des Drucklagerunterbaus durch Eichung, d. h. durch Anbringung von hydraulischen Pressen, welche die Welle mit bekanntem Druck auf reibungsfreien Lagerungen verschieben, auch bei großen Schiffen die tatsächlichen Schübe, bezw. die Schwankungen der Schübe messen kann. Es käme eben auf den Versuch an, der allerdings gerade an Bord besonders schwierig ist, denn man kann die an Bord angestellten Versuche bezüglich ihrer Genauigkeit und bezüglich ihrer leichten oder schweren Aus-

führbarkeit absolut nicht vergleichen mit Versuchen, die auf festem Boden gewonnen sind. — Der Wirkungsgrad von 74 % wurde an Propellern von ca. 400 mm Durchmesser ermittelt. Ob die Wirkungsgrade bei großen Propellern von ähnlichem Betrage sind, darüber weiß man leider nichts. Denn die Bestimmung der Wirkungsgrade in den Modellschlepp-Versuchsstationen an den winzigen Modellen, welche den Schiffen nachgefahren werden, ist erfahrungsgemäß sehr unzuverlässig, und zwar selbst bei relativen Vergleichen.

Weitere Versuche auf dem Versuchsboot sind in Aussicht genommen, und wie Herr Baurat Flohr heute Vormittag mitgeteilt hat, wird ja an dieser Stelle im nächsten Jahre eine Veröffentlichung darüber stattfinden. (Beifall.)

Der Ehrenvorsitzende, Seine Königliche Hoheit der Großherzog von Oldenburg:

Herr Föttinger hat uns schon vor 2 Jahren einen Vortrag über denselben höchst bedeutungsvollen Gegenstand gehalten. Sein heutiger Vortrag behandelte den weiteren Ausbau seiner Erfindung, die um so wichtiger wird, je mehr die Dampfturbine sich an Stelle der Kolbenmaschine auf Schiffen einbürgern wird. Wir sind Herrn Föttinger für seine Forscherarbeiten zu ganz besonderem Danke verpflichtet und hoffen, diesem Danke später noch eine bleibende Erinnerung hinzufügen zu können.

XII. Arbeitsausführung im steigenden Zeitlohn.

Von ***A. Strache****, Wilhelmshaven.*

Die Bezeichnung „Arbeitsausführung im steigenden Zeitlohn“ ist gewählt worden, weil den hier beschriebenen Systemen der gemeinsame Grundgedanke anhaftet, daß der Stundenlohn mit wachsender Leistung steigt, derart, daß auch der Preis der fertigen Arbeit je nach der Arbeitszeit Schwankungen unterworfen ist.

Um zunächst die Grundlagen für die Einschätzung neuer Systeme zu erhalten, ist es nötig, die beiden z. Z. hauptsächlich gebrauchten Systeme, den reinen Zeitlohn und den reinen Stücklohn, zu untersuchen. Der besseren Übersicht halber ist hierbei die graphische Darstellung möglichst viel verwandt worden.

Da zum Vergleich mit dem Stücklohnsystem das bei der Kaiserlichen Marine übliche System herangezogen ist, sei zunächst dies geschildert:

„Der Akkordpreis wird in der Weise ermittelt, daß man berechnet, wie viel Lohnstunden ein Durchschnittsarbeiter zur Vollendung der Arbeit gebrauchen würde und diese Zahl mit dem mittleren Lohnsatze der betreffenden Arbeitergattung multipliziert.

Der Arbeiter bekommt während der Dauer der Akkordarbeit seinen Stundenlohn vorschußweise ausgezahlt. Der Unterschied zwischen dem Akkordsatze und der Höhe der Abschlagszahlungen ergibt die Höhe des Akkordüberschusses. Sind an einem Akkorde mehrere Arbeiter beteiligt, so wird ermittelt, wie viel Prozent vom Vorschuß der Akkordüberschuß beträgt, und der auf den einzelnen Akkordteilnehmer entfallende Teilbetrag des Überschusses nach Maßgabe des von ihm verarbeiteten Vorschusses bestimmt.“

Fig. 1 gibt die Kurven für Tagesverdienst und Kosten der Arbeit für reinen Zeitlohn und für Stücklohn.





Tagesverdienst } bei Zeitlohn
Kosten der Arbeit }

Tagesverdienst } bei Stücklohn
Kosten der Arbeit }

Maßstab für Verdienst 10 mm = 1 Mk.
„ „ Kosten 1 mm = 1 Mk.

Tage

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

Fig. 1.

Es ist eine Arbeit angenommen, die mit 100 M. abgeschätzt sei. Der Einfachheit halber ist ein Lohnsatz von 5 M. angenommen, so daß als normale Arbeitszeit 20 Tage gelten. Die folgenden Ableitungen sind natürlich auch für jeden beliebigen Lohnsatz anwendbar, es muß nur ein anderer Maßstab gewählt werden.

Als Abscissen sind die Zeiten aufgetragen und als Ordinaten der jeweils erzielte Tagesverdienst und die Kosten der Arbeit.

Tagelohn.

Der Tagesverdienst ist stets gleich Tagelohn. Die Kurve des Tagesverdienstes hat also die Formel $y = \text{Const} = \text{Lohn}$, d. h. die Kurve ist eine Parallele zur Abscissenachse. Die Kosten der Arbeit sind stets $\text{Zeit} \times \text{Lohn}$. Die Formel der Kostenkurve lautet also $y = x \,.\, \text{Lohnsatz}$, d. h. die Kurve ist eine geneigte Gerade, die durch den Nullpunkt geht und deren Neigungswinkel α bestimmt ist durch $\text{tg}\, \alpha = \text{Lohnsatz}$.

Da der Tagesverdienst des Arbeiters stets gleich bleibt, unabhängig davon, ob die Arbeit schnell oder langsam ausgeführt wird, so fehlt dem Arbeiter der Ansporn zur fleißigen Arbeit. Es ist daher viel Aufsicht erforderlich und eine Kalkulation ist sehr unsicher.

Stücklohn.

Die Kosten der Arbeit sind stets gleich Akkordpreis. Die Kostenkurve hat also die Formel $y = \text{Const} = \text{Akkordsatz}$, d. h. die Kurve ist eine Parallele zur Abszissenachse. Der Tagesverdienst ergibt sich aus der Division dieser konstanten Kosten durch die Zeit, die Formel lautet also $y = \frac{\text{Const}}{x}$ oder $x \,.\, y = \text{Const}$. Die Kurve ist also eine gleichseitige Hyperbel mit den Achsen als Asymptoten. Das Stück- oder Akkordlohnsystem gestattet eine genaue Kalkulation und spornt den Arbeiter theoretisch zu größtem Fleiße an, da er die volle Akkordsumme ausbezahlt bekommt, also den Verdienst je nach seiner Leistungsfähigkeit beliebig steigern kann. Trotz dieser augenscheinlichen Vorzüge zeigt das Akkordsystem Mängel, sodaß seit geraumer Zeit Verbesserungen angestrebt werden.

Da es nicht möglich ist, jede Arbeit genau abzuschätzen, kann es leicht vorkommen, daß einige Akkorde zu hoch vereinbart sind. Bei diesen kann also der Arbeiter einen hohen Tagesverdienst erzielen. Dieser wird aber nur



wenige Male zur Auszahlung kommen, da ja durch ihn die fehlerhafte Einschätzung zu Tage tritt, die sofort zur Akkordherabsetzung führt.

Die Arbeiter wissen das und halten infolgedessen, wenn irgend möglich, die Arbeit von vornherein so lange hin, daß ihr Verdienst die zulässige Grenze nicht überschreitet. Ob diese Grenze durch Arbeitsordnung oder Gebrauch usw. festgelegt ist, spielt dabei keine Rolle. Eine Grenze muß sich jedes Werk oder jeder Betriebsleiter setzen.

Während also das Akkordsystem bei richtig geschätzten Arbeiten große Erfolge erzielt, versagt es vollständig bei fehlerhaften Abmachungen. Besonders auf dem weiten Gebiete der Reparaturakkorde, wo sich beim Akkordabschluß die Arbeit noch gar nicht genau übersehen läßt, ist der Vorteil des Akkordsystems sehr illusorisch.

Gleichbedeutend mit dem reinen Stücklohnsystem ist in dieser Beziehung das Zeitlohnsystem, wenn den Arbeitern ein bestimmtes Arbeitspensum vorgeschrieben ist, nach dessen Beendigung sie ihren Tagelohn verdient haben und nach Hause gehen oder eine besonders bezahlte Arbeit machen können.

Prämiensystem.

Ein Versuch, Akkordherabsetzungen auch bei hohem Verdienst, also fehlerhafter Abschätzung zu vermeiden, ist im Prämiensystem gemacht.

Die Differenz zwischen Akkordsatz uud verarbeitetem Lohn, die beim Akkordsystem der Arbeiter erhält, und die — wenn man vergleichen will — beim Zeitlohn das Werk erhält, wird nach einem bestimmten Verhältnis zwischen Werk und Arbeiter geteilt. Es erhält z. B. der Arbeiter von dieser Differenz 50 oder $33^1/_3$ Proz. Je kürzere Zeit also die Herstellung erfordert, um so höher wird der Verdienst des Arbeiters, und um so niedriger werden die Kosten für das Werk.

In Fig. 2 sind die Kurven für das Prämiensystem mit 50 Proz. und $33^1/_3$ Proz. Anteil des Arbeiters neben den Kurven für Zeit- und Akkordlohn dargestellt.

Die Formeln für die Kosten der Arbeit werden bestimmt wie folgt:

Die Arbeit dauert x Tage. Der Vorschuß beträgt also x . 5 M. Die Differenz zwischen Akkordsatz 100 und Vorschuß beträgt also 100 — 5 x. Der Anteil des Arbeiters beträgt

hiervon 50 Proz. oder $33^1/_3$ Proz.,

$$\text{also } 50 - \frac{5}{2}x \text{ oder } \frac{100}{3} - \frac{5}{3}x$$

Darstellung verschiedener Lohnsysteme.

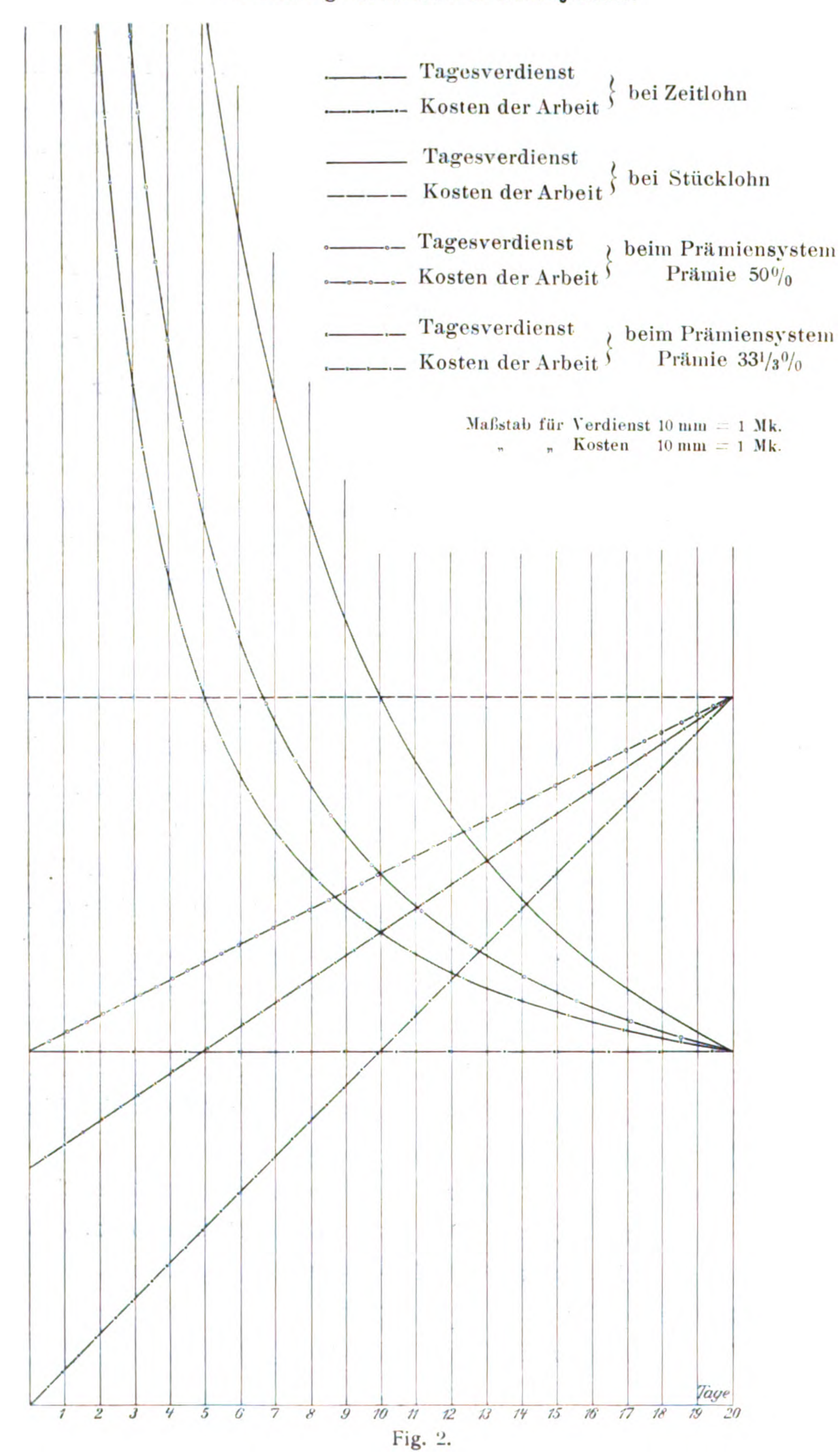


Fig. 2.

und die Kosten der Arbeit y und y_1 betragen

$$y = 5x + 50 - \frac{5}{2}x \quad \text{oder} \quad y_1 = 5x + \frac{100}{3} - \frac{5}{3}x$$

$$y = \frac{5}{2}x + 50 \qquad \text{oder} \quad y_1 = \frac{10}{3}x + \frac{100}{3}.$$

Die Kostenkurven sind also wiederum gerade Linien, die auf der Ordinatenachse Stücke abschneiden von der Länge bei 50 Proz. — 50 M. und bei 33⅓ Proz. – 33⅓ M.

Die Kurven der Tagesverdienste ergeben sich wieder aus der Division der Kosten durch die Zeit.

Also Gleichung der Tagesverdienste y und y_1

$$y = \frac{5}{2} + \frac{50}{x} \quad \text{und} \quad y_1 = \frac{10}{3} + \frac{100}{3x}.$$

Die Kurven des Tagesverdienstes sind wiederum Hyperbeln mit der Ordinatenachse als Asymptote. Die zweite Asymptote ist parallel zu der Abscissenachse verschoben und zwar um $\frac{5}{2}$ oder $\frac{10}{3}$.

Theoretisch ist also das Prämiensystem dem Akkordsystem fast gleichwertig. Die Nachteile des Akkordsystems sind gemildert, aber durchaus nicht aufgehoben. Die Notwendigkeit, Akkorde bei Überschreitung der Verdienstgrenze herabsetzen zu müssen, ist, je nachdem 50 Proz. oder ein anderer Prozentsatz gewählt ist, lediglich etwas hinausgerückt.

Steigender Zeitlohn.

Um die vorerwähnten Nachteile des reinen Stundenlohnes und des reinen Akkordlohnes zu vermeiden, wurde in Amerika und England das System des steigenden Zeitlohnes versucht.

Das einfachste System geht von der für eine Arbeit erforderlichen Grundzeit aus und stellt den auszuzahlenden Lohn derart fest, daß der Stundenlohn während der Dauer der betreffenden Arbeit um ebensoviel Prozent erhöht wird, wie der Arbeiter gegenüber der Grundzeit erspart hat.



Ist also z. B. für eine Arbeit die Grundzeit = 10 Tage festgelegt, so erhält der Arbeiter bei Ausführung in 9 Tagen seinen um $1/_{10}$=10 Proz. erhöhten Stundenlohn.

Dasselbe System, nur mit etwas anderer Bezeichnung, ist seit dem 14. März 1904 in einigen englischen Staatswerkstätten eingeführt. Das englische Prämiensystem setzt gleichfalls eine Grundzeit fest.

Wird die Arbeit in kürzerer Zeit, als festgesetzt, ausgeführt, so erhält der Arbeiter als Prämie den Lohn für eine Anzahl „Prämienstunden". Die Zahl der „Prämienstunden" wird errechnet wie folgt:

„Die Prämienzeit steht im gleichen Verhältnis zur gebrauchten Zeit wie die ersparte Zeit zur festgesetzten Zeit."

$$\text{Also: Prämienzeit} = \frac{\text{Verbrauchte Zeit} \times \text{Ersparte Zeit}}{\text{Festgesetzte Zeit}}.$$

Der Wert einer Prämienstunde ist gleich $\frac{1}{48}$ vom Wochenlohne des betreffenden Arbeiters. In der untenstehenden Tabelle ist die Rechnung für 3 Leute mit 4, 3,50 und 3 M. Tagelohn durchgeführt.

Daneben ist dieselbe Rechnung für das englische Prämiensystem gesetzt. Die Prämienzeit ist, um einen völligen Vergleich zu ermöglichen, in der Form von Prämientagen berechnet.

Steigender Zeitlohn.

Arbeitszeit in Tagen	Ersparte Zeit in		Tagesverdienst beim Lohnsatz			Kosten der Arbeit beim Lohnsatz		
	Tagen	Proz.	3,00	3,50	4,00	3,00	3,50	4,00
10	0	0	3,00	3,50	4,00	30,00	35,00	40,00
9	1	10	3.30	3,85	4,40	29,70	34,65	39,60
8	2	20	3,60	4.20	4,80	28,80	33,60	38,40
7	3	30	3,90	4,55	5,20	27,30	31,85	36,40
6	4	40	4,20	4,90	5,60	25,20	29,40	33,60
5	5	50	4,50	5,25	6,00	22,50	26,25	30,00
4	6	60	4,80	5,60	6,40	19,20	22,40	25,60
3	7	70	5,10	5,95	6,80	15,30	17,85	20,40
2	8	80	5,40	6,30	7,20	10,80	12,60	14,40
1	9	90	5,70	6.65	7.60	5,70	6.65	7,60
0	10	100	6,00	7,00	8,00	0	0	0



Englisches Prämiensystem.

Arbeitszeit in Tagen	Ersparte Zeit in Tagen	Ersparte Zeit in Proz.	Prämientage	Verarbeiteter Lohn bei Lohnsatz 3,00	3,50	4,00	Betrag für Prämientage 3,00	3,50	4,00	Kosten der Arbeit 3,00	3,50	4,00
10	0	0	0	30,00	35,00	40,00	0	0	0	30,00	35,00	40,00
9	1	10	0,9	27,00	31,50	36,00	2,70	3,15	3,60	29,70	34,65	39,60
8	2	20	1,6	24,00	28,00	32,00	4,80	5,60	6,40	28,80	33,60	38,40
7	3	30	2,1	21,00	24,50	28,00	6,30	7,35	8,40	27,30	31,85	36,40
6	4	40	2,4	18,00	21,00	24,00	7,20	8,40	9,60	25,20	29,40	33,60
5	5	50	2,5	15,00	17,50	20,00	7,50	8,75	10,00	22,50	26,25	30,00
4	6	60	2,4	12,00	14,00	16,00	7,20	8,40	9,60	19,20	22,40	25,60
3	7	70	2,1	9,00	10,50	12,00	6,30	7,35	8,40	15,30	17,85	20,40
2	8	80	1,6	6,00	7,00	8,00	4,80	5,60	6,40	10,80	12,60	14,40
1	9	90	0,9	3,00	3,50	4,00	2,70	3,15	3,60	5,70	6,65	7,60
0	10	100	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0

Die Tabellen zeigen, daß die Kosten der fertigen Arbeit, also auch der Tagesverdienst unter gleichen Voraussetzungen in beiden Systemen gleich sind.

Obgleich also völlige Gleichheit im Erfolg vorhanden ist, wird das englische System doch bei den Arbeitern leichter auf Widerstand stoßen, weil hier klar zu Tage tritt, daß bei Ersparnis über 50 Proz. die Prämie wieder kleiner wird, während beim steigenden Zeitlohn das Steigen des Stunden- oder Tagelohns dauernd bis zum Schlusse bleibt.

Ferner zeigen die Tabellen, daß sowohl der Tagesverdienst, wie auch die Kosten der Arbeit ganz erheblich vom Lohnsatze beeinflußt werden.

Wenn es auch bei richtiger Arbeitsverteilung und gleichzeitig richtiger Festsetzung des Tagelohnes nicht vorkommen darf, daß ein Mann mit 4 M. Lohn eine Arbeit macht, die ein mit nur 3 M. gelöhnter Mann in der gleichen Zeit ausführen kann, so muß doch immerhin mit solchen Möglichkeiten gerechnet werden.

Sind die Lohnsätze richtig, so muß ein Mann mit 4 M. Lohn $^4/_3$ mal so viel leisten, wie der mit 3 M. Lohn. Arbeitet also der Mann mit 3 M. Lohn 8 Tage, so darf der mit 4 M. gelöhnte Mann nur $\frac{8}{^4/_3} = 6$ Tage zu derselben Arbeit gebrauchen, sodaß beide in Lohn 24 M. verarbeiten.



Trotzdem ist der Preis der fertigen Arbeit verschieden.

Lohnsatz M.	Arbeitstage	Kosten der Arbeit
3	8	28,80
4	6	33,60

Hierin liegt ein doppelter Nachteil:

1. Das Werk muß die Grundzeit nach der Leistungsfähigkeit, wenn nicht des langsamsten, so doch eines recht mäßigen Arbeiters festsetzen, weil sonst zu häufig die Grundzeit überschritten würde. So oft dann ein besserer Arbeiter die Arbeit ausführt, hat das Werk Verlust.

2. Unter den Arbeitern wird das System wenig Anhänger finden, weil es ungerecht ist für verschieden gelöhnte, also verschieden leistungsfähige Arbeiter gleiche Grundzeiten festzusetzen. Es wird bald die Forderung gestellt werden, für die gleiche Arbeit verschiedene, den Lohnklassen angepaßte Grundzeiten einzuführen. Dieser gerechtfertigten, aber äußerst mühsamen Festsetzung geht das nachstehend geschilderte System aus dem Wege.

Statt der Grundzeit ist ein Grundpreis (Anschlag = A) eingeführt. Die Bestimmung des Stundenverdienstes geschieht in folgender Weise: Der Stundenlohn erhöht sich um ebensoviel Prozent, als der gegen den Anschlag ersparte Lohn vom Anschlage beträgt.

Oder: Die Erhöhung des Stundenlohnes verhält sich zum Stundenlohnsatz, wie der ersparte Lohn zum Anschlag.

Der während der Arbeit verbrauchte Stundenlohn, der jeweils vorschußweise ausgezahlt wird, heiße Vorschuß = V.

Der ersparte Lohn ist A — V.

Die Erhöhung des Stundenlohnes L beträgt also $L \frac{A - V}{A}$ und der Stundenverdienst beträgt

$$L + L \frac{A - V}{A} = L \left(1 + \frac{A - V}{A}\right).$$

Um die Kosten der Arbeit K zu erhalten, ist dieser Stundenverdienst mit der Zeit n zu multiplizieren.



Also $K = n.L\left(1 + \frac{A - V}{A}\right)$ und da $n.L = V$, so ergibt sich

$$K = V\left(1 + \frac{A - V}{A}\right).$$

Angenommen, eine Arbeit sei mit 30 M. abgeschätzt. Es mögen nun 2 Leute, wie oben erwähnt von 3 und 4 M. Lohnsatz die Arbeit ausführen. Entsprechend den Lohnsätzen gebrauche der

mit 3 M. gelöhnte Arbeiter 8 Tage und der
„ 4 „ „ „ 6 „ .

Beide also verbrauchen 24 M. im Lohn.

Die Kosten K sind also, da $A = 30$ und $V = 24$ $K = 24\left(1 + \frac{30 - 24}{30}\right)$ $= 24 . 1,2 = 28,80$ M. Der Tagesverdienst beträgt

bei dem mit 3 M. gelöhnten Arbeiter $3 . 1,2 = 3,6$ M. und
„ „ „ 4 „ „ „ $4 . 1,2 = 4,8$ „

Steht also bei dieser Art der Berechnung der Lohnsatz im richtigen Verhältnis zur Leistungsfähigkeit, d. h. im umgekehrten Verhältnis zur verbrauchten Zeit, so kostet die Arbeit bei Leuten mit dem verschiedensten Lohnsatz stets gleich viel.

Gebrauchen nun aber etwa beide Leute 7 Tage, d. h. arbeitet der hoch gelöhnte Mann langsamer, als seinem Lohnsatze entspricht, und der niedrig gelöhnte schneller, so ergibt sich folgende Rechnung:

Anschlag = 30 M.

Lohnsatz M.	Arbeitstage	Vorschuß M.	Erspart M.	Erspart Proz.	Erhöhter Tagelohn M.	Kosten der Arbeit M.
3	7	21	9	30	3,90	27,30
4	7	28	2	6,67	4,27	29,86

Die normalen Kosten betrugen 28,80 M.

Der Preis zeigt also hier, ähnlich wie bei reinem Zeitlohn, welcher Arbeiter zu hoch und welcher zu niedrig gelöhnt ist. Der Überverdienst zeigt,



wie beim Akkord, daß der Mann, der nur 6,67 Proz. erzielt, zu hoch bezahlt ist.

Grundsätze für Beurteilung der Lohnsysteme.

Die wichtigsten Punkte, die bei Einführung jedes neuen Lohnsystems in Frage kommen, sind Interesse des Werkes und Interesse der Arbeiter.

Als Interessen des Werkes sind zu betrachten: Herstellung der Arbeit mit möglichst geringem Arbeitslohn und Einführung des dahin zielenden Systems möglichst ohne Widerstand der Arbeiter. Die Interessen der Arbeiter gehen auf Erlangung möglichst hohen Tagesverdienstes und Festsetzung der Preise für möglichst lange Zeiträume. Geringer Preis für die Arbeit und hoher Tagesverdienst des Arbeiters lassen sich, abgesehen von Betriebsverbesserungen, natürlich nur vereinen, wenn intensiver gearbeitet wird. Das wird der Arbeiter aber gern tun, wenn er nicht befürchten muß, daß diese größere Intensität nach gewisser Zeit als normal angesehen wird und zu einer Preisherabsetzung führt. Es darf daher auch keinesfalls ein neu eingeführtes System ohne weiteres dahin führen, daß der Verdienst geringer wird. Als Leitsatz zieht sich infolgedessen durch die ganze folgende Darstellung die Forderung:

„Die gleiche Arbeitsleistung muß auch beim neuen System zunächst ebenso bezahlt werden, wie bisher."

Fig. 3 zeigt, daß der Verdienst des Arbeiters unter sonst gleichen Verhältnissen beim steigenden Zeitlohn stets geringer ist, als beim Akkordsystem. Es muß also eine Änderung vorgenommen werden, die obiger Forderung Rechnung trägt.

Die folgenden Rechnungen und graphischen Darstellungen sind aufgebaut auf dem Lohnsatz 5 M. Dieser hohe Satz ist nur gewählt, weil er mancherlei Bequemlichkeiten in der Rechnung bietet. Die Ableitungen gelten nach einer geringen Umrechnung für jeden beliebigen Lohnsatz.

Der durchschnittliche Akkordüberverdienst möge 40 Proz. betragen, sodaß also der Tagesverdienst bei 5 M. Lohnsatz $5 + 5 . 0,40 = 7$ M. beträgt.

Dieser Punkt der Akkordkurve soll beibehalten werden, wobei die Tagesverdienstlinie stets eine Gerade sein soll. Es ist also zur Bestimmung dieser Geraden noch ein zweiter Punkt zu wählen. Hierfür kommt in Frage: A) der



Darstellung verschiedener Lohnsysteme.

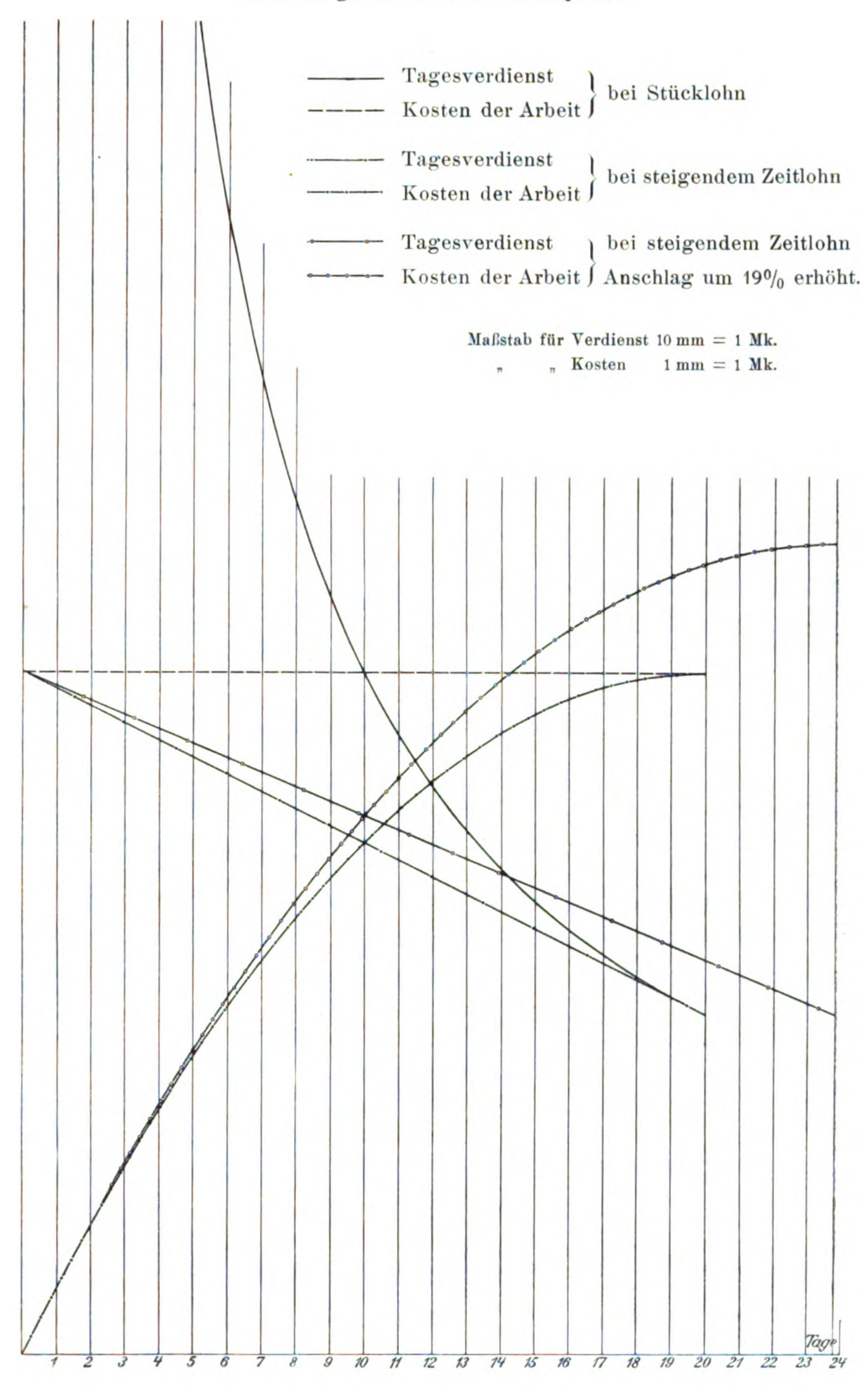


Fig. 3.

Endpunkt 10 M. oder B) der Anfangspunkt 5 M. oder C) der Schnittpunkt mit der Abszissenachse O. (Fig. 4.)

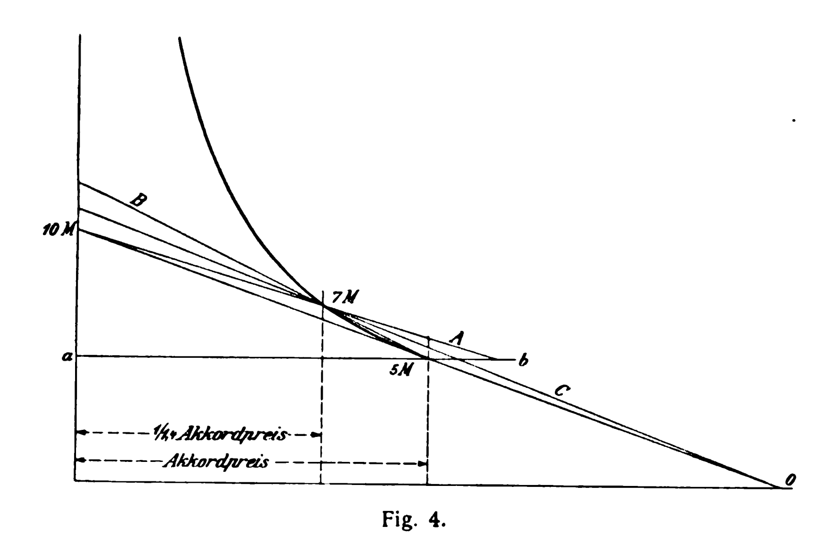


Fig. 4.

Diesen 3 Linien entsprechen 3 Lohnsysteme, die vom reinen System abgeleitet sind. Dieselben sollen in den folgenden Darstellungen betrachtet werden.

A. Wilhelmshavener System.

Die Tagesverdienstlinie geht durch den Punkt 10 M. der Ordinatenachse und den Punkt 7 M. der Akkordlinie bei Vorschuß = $\frac{A}{1,4}$. Die Gerade schneidet die Linie des Lohnsatzes a b etwa bei 1,19 Akkordpreis, d. h. der Anschlag der auf 100 M. abgeschätzten Arbeit muß auf 119 M. erhöht werden, wenn der Arbeiter bei gleichbleibender Arbeitsleistung pro Tag 7 M. verdienen soll.

Rechnerisch wird dieselbe Zahl wie folgt ermittelt:

L sei gleich Lohnsatz,
L_{st} „ „ steigender Zeitlohn.

Die Formel der Geraden lautet allgemein

$$y = a x + b.$$

a und b sind bestimmt durch die Forderung:

Wenn $x = o$, so soll $y = 2$ L sein.

„ $x = \frac{A}{1,4}$ „ „ $y = 1,4$ L „



$$\text{Also } 2\,L = o + b \,.:\, b = 2\,L,$$

$$1{,}4\,L = a\,.\,\frac{A}{1{,}4} + b,$$

$$1{,}4\,L = a\,\frac{A}{1{,}4} + 2\,L$$

$$-\,a = \frac{0{,}6\,L\,.\,1{,}4}{A},$$

$$y = 2\,L - x\,\frac{0{,}6\,L\,.\,1{,}4}{A} = L\left(2 - \frac{0{,}84\,x}{A}\right),$$

$$y = L\,\frac{2\,A - 0{,}84\,x}{A},$$

$$y = L\,\frac{\frac{2}{0{,}84}\,A - x}{\frac{A}{0{,}84}} = L\left(1 + \frac{1{,}19\,A - x}{1{,}19\,A}\right).$$

Die Endformel lautet also:

$$L_s = L\left(1 + \frac{1{,}19\,A - V}{1{,}19\,A}\right).$$

Aus dem Tagesverdienste werden durch Multiplikation mit der Zeit die Kosten ermittelt.

Die graphische Darstellung zeigt, daß der Arbeiter im neuen System weniger als im Akkord verdient, wenn er weniger als 14,28 Tage arbeitet, also weniger als 71,40 M. im Vorschuß verarbeitet. Bei längerer Arbeitsdauer hat der Arbeiter beim neuen System Vorteil gegenüber dem Akkordsystem. Wenn der Akkord richtig geschätzt war, also wirklich bei 100 M. Akkordsatz, nach gewöhnlichem Akkordsystem etwa 40 Proz. verdient wurden, so können die Abweichungen nach oben oder unten kaum mehr als 10 Proz. betragen, es kann also im Grenzfalle 71,40 – 7,14 oder 71,40 + 7,14 M. im Vorschuß verarbeitet werden.

Diesem Vorschuß würden bei reinem Akkorde Überverdienste von 27,3 und 55,6 Proz. entsprechen.

Bei steigendem Zeitlohn mit Zuschlag von 19 Proz. ist die Berechnung wie folgt:

Anschlag = 119 M.

Vorschuß	Erspart		Überschuß	Kosten der Arbeit	Gegen Akkord	
					Mehrverdienst	Minderverdienst
M.	M.	Proz.	M.		Proz.	Proz.
64,26	54,74	46	29,50	93,76	—	6,24
78,54	40,46	34	26,70	104,24	4,24	—

Dem hierbei möglichen Mehrverdienste von 4,24 Proz. steht also ein möglicher Minderverdienst von 6,24 Proz. gegenüber. Trotzdem sind die Arbeiter für das System, weil die Akkordsätze bestehen bleiben können.

Gilt, wie das an einzelnen Stellen der Fall ist, 50 Proz. als Höchstgrenze des Verdienstes, so wird der Arbeiter sich nicht nahe an diese Grenze heranwagen. Er wird meist nicht über einige 40 Proz. hinausgehen. Da er beim neuen System selbst sieht, daß die Arbeit bei höherem Verdienste für das Werk ganz wesentlich billiger wird, ist er leichter zu überzeugen, daß die Akkordsätze wirklich beibehalten werden sollen.

Es ist bei diesem System sogar möglich, Akkorde, die zu verschiedenen Zeiten verschiedene Arbeiten umfassen, trotzdem in gewissen Grenzen mit festen Sätzen zu vergeben. Selbstverständlich hat das Werk dann, rein rechnungsmäßig, stets Schaden. Als Grundlage sei wieder 40 Proz. Überverdienst angenommen.

Der Zuschlag ist der Einfachheit halber von 19 auf 20 Proz. abgerundet. Das Beispiel ist absichtlich weit über die in der Praxis zulässige Grenze hinausgeführt.

Eine Arbeit sei einmal mit 100 M. abgeschätzt, also mit 120 M. vergeben. Dieselbe Arbeit, vielleicht Reparatur einer bestimmten Maschine, kehre wieder, sei jedoch geringfügiger. Die wirkliche Arbeit betrage 90, 80, 60, 40 und 20 Proz. der ursprünglichen, der wahre Wert sei also 90, 80, 60, 40 und 20 M. Es soll davon abgesehen werden, daß selbstverständlich bei derart verschiedenen Arbeiten stets ein neuer Preis festgesetzt werden muß, und daß die Arbeiter auch dieser Festsetzung niemals widersprechen werden. Gleichfalls außer Acht soll gelassen werden, daß die Arbeiter statt der wirklichen Preise mehr fordern werden, und daß so die wirklich gezahlten Preise um 10–20 Proz. höher liegen werden.



Wert der Arbeit M.	Anschlag M.	Vorschuß M.	Erspart in M.	Erspart in Proz.	Überschuß M.	Kosten der Arbeit M.	Mehr in Prozent vom Werte
100	120	71,40	48,60	40,5	28,90	100,30	0,3
90	120	64,26	55,74	46,5	29,90	94,16	4,6
80	120	57,12	62,88	52,4	29,90	87,02	8,8
60	120	42,84	77,16	64,3	27,50	70,34	17,3
40	120	28,56	91,44	76,2	21,70	50,36	26,0
20	120	14,28	105,72	88,1	12,58	26,86	34,3

Die Rechnung ergibt, daß selbst bei sehr großem Unterschiede in der Arbeit die Kosten doch sich in weiten Grenzen anpassen. Ob gegebenenfalls ein Akkord neu vergeben wird oder ob der Satz bestehen bleiben soll, muß sorglich erwogen werden.

Darstellung für verschiedene Lohnsätze.

Um zu zeigen, wie die Verhältnisse für verschiedene Lohnsätze liegen, sind in Figur 5 die Kurven unter folgender Voraussetzung entworfen.

Der Akkordpreis sei 100 M. Der normale Tagesverdienst sei 5 M. Die Kurven für Tagesverdienst und Kosten der Arbeit sind für die Lohnsätze von 3—5 M. um je 20 Pf. steigend gezeichnet.

Als Abszissen sind dabei die Zeiten aufgetragen.

Die Linien des Tagesverdienstes beginnen an der Ordinatenachse je bei dem Punkte des doppelten Lohnsatzes und gehen der vorher gestellten Forderung gemäß durch den Punkt 5 M. bei 20 Tagen Arbeitszeit. Der Punkt der Verdienstlinie, in dem diese die Lohnsatzlinie schneidet, gibt die für den Anschlag maßgebende Zeit. Durch Multiplikation dieser Zeit mit dem Lohnsatze ergibt sich der Anschlag.

Zeit und Anschlag werden rechnerisch in nachstehender Weise ermittelt. Ein Mann vom Lohnsatze L soll bei 20tägiger Arbeit pro Tag 5 M. verdienen. Der Anschlag A wird gesucht. Die maßgebende Formel lautet:

$$L_s = L\left(1 + \frac{A - V}{A}\right), \text{ hierin ist } L_s = 5 \text{ und } V = 20 \,.\, L$$

$$5 = L\left(1 + \frac{A - 20\,L}{A}\right),$$

$$\frac{5}{L} - 1 = \frac{A - 20\,L}{A} \;.\colon\; \frac{5 - L}{L} = 1 - \frac{20\,L}{A},$$

$$\frac{20\,L}{A} = \frac{2\,L - 5}{L} \;.\colon\; A = \frac{20\,L^2}{2\,L - 5}.$$

Die Zeit ergibt sich zu $T = \frac{20\,L}{2\,L - 5}$.

Die Formel des Tagesverdienstes y lautet $y = a\,x + b$.

Zur Bestimmung von a und b sind die folgenden Bestimmungen maßgebend:

1. Wenn $x = 0$, so ist $y = 2\,L$.
2. Wenn $x = 20$, „ „ $y = 5$.

Und daraus $b = 2\,L$,

$$a = -\frac{2\,L - 5}{20}.$$

Die Formel aller Tagesverdienstgeraden lautet also:

$$y = 2\,L - \frac{2\,L - 5}{20}\,.\,x.$$

Die Kosten ergeben sich hieraus durch Multiplikation mit der Zeit zu

$$\text{Kosten} = x\,.\,y = 2\,L\,x - \frac{2\,L - 5}{20}\,.\,x^2.$$

Die Kostenkurven sind also Parabeln, deren Scheitelpunkte durch nachstehende Gleichungen bestimmt sind:

$$x = \frac{20\,L}{2\,L - 5} \quad \text{und} \quad y = \frac{20\,L^2}{2\,L - 5}.$$

Der Parameter ist der folgende:

$$2\,p = \frac{20}{2\,L - 5} = \frac{A}{L^2}.$$

System B.

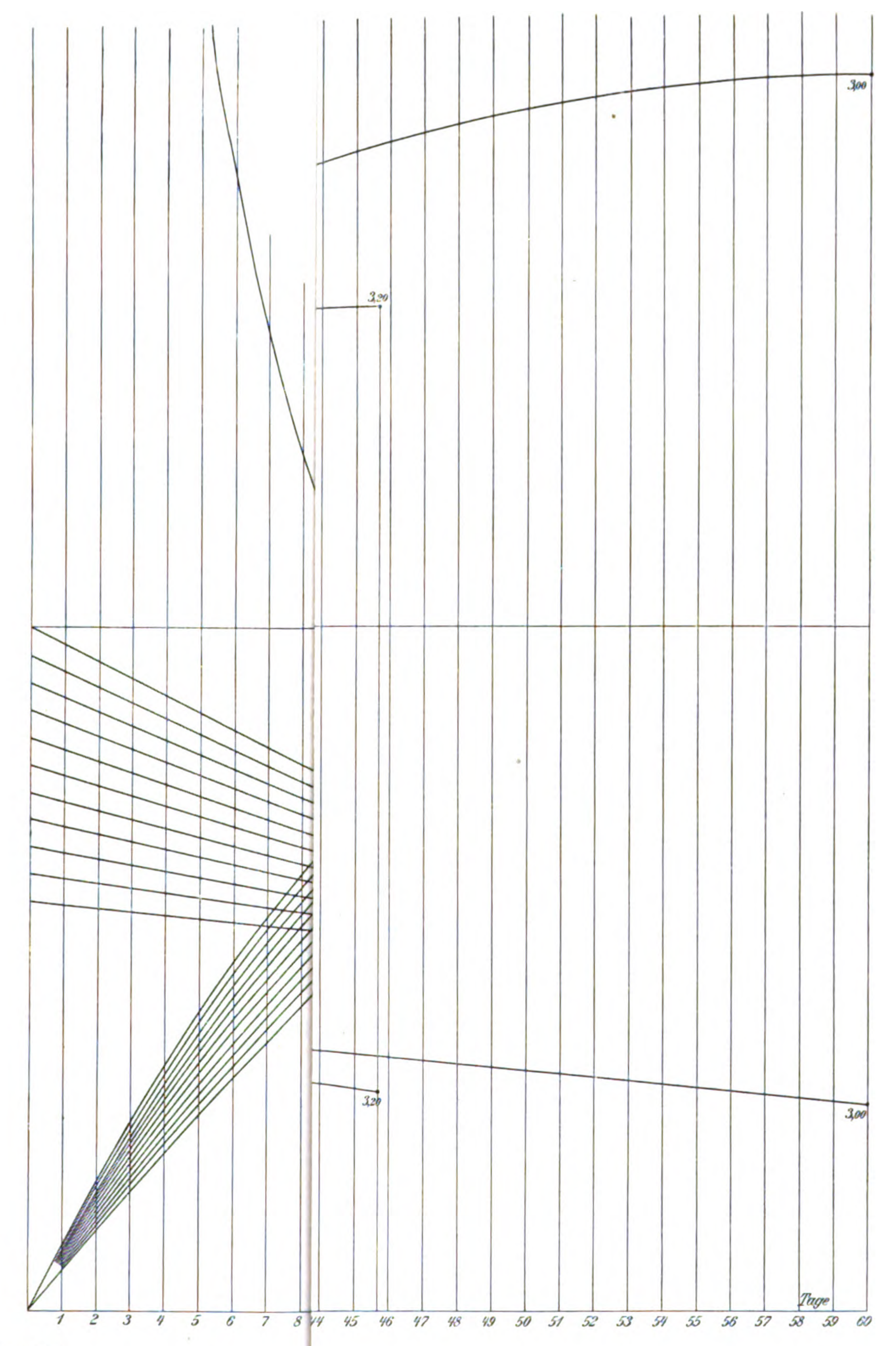
Die Tagesverdienstlinie geht durch den Punkt 7 M. der Akkordlinie bei Vorschuß $= \frac{A}{1,4}$ und durch den Punkt 5 M. bei Vorschuß $= A$ M. (Siehe Fig. 4.) Die Gleichung dieser Linie heiße $y = a\,x + b$. a und b sind bestimmt durch die Forderung:

Wenn $x = A$, so ist $y = L$,

„ $x = \frac{A}{1,4}$, so ist $y = L\,.\,1,4$.

1. $L = a\,.\,A + b$;

2. $1,4\,L = a\,.\,\frac{A}{1,4} + b$,


3,00
3,20
3,20
3,00
Tage
1
2
3
4
5
6
7
8
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Seite 196a.

$$0{,}4\,L = a\left(\frac{A}{1{,}4} - A\right) = \frac{a}{1{,}4}(A - 1{,}4\,A),$$

$$0{,}4\,L = -a\,.\,\frac{A}{1{,}4}\,0{,}4\,.:\,-a = 1{,}4\,\frac{L}{A}$$

und $b = L - a\,A = L + 1{,}4\,L = 2{,}4\,L.$

Also:

$$y = 2{,}4\,L - \frac{1{,}4\,L}{A}\,.\,x,$$

$$L_s = 2{,}4\,L - \frac{1{,}4\,L}{A}\,.\,V$$

$$= L\left(\frac{2{,}4\,A - 1{,}4\,V}{A}\right) = L\left(\frac{A + 1{,}4\,A - 1{,}4\,V}{A}\right),$$

$$L_s = L\left(1 + 1{,}4\,\frac{A - V}{A}\right).$$

Es ist also ein konstanter Faktor, im gewählten Falle 1,4 in die Formel gebracht worden.

Allgemein läßt sich dieser Faktor in folgender Weise bestimmen: Der Lohnsatz L soll auf L_s steigen, wenn n Stunden gearbeitet ist, wobei n so groß ist, daß bei gleichfalls n Stunden Arbeitszeit im Akkord auch L_s verdient werden.

Die Anschlagssumme beträgt also $L_s\,.\,n$ und der Vorschuß $n\,.\,L$

$$L_s = L\left(1 + \text{Const.}\,\frac{A - V}{A}\right),$$

$$L_s = L\left(1 + C\,\frac{n\,.\,L_s - n\,L}{n\,L_s}\right),$$

$$\frac{L_s}{L} = 1 + C\,\frac{L_s - L}{L_s},$$

$$\frac{L_s}{L} - 1 = C\,\frac{L_s - L}{L_s},$$

$$\frac{L_s - L}{L} = C\,\frac{L_s - L}{L_s}\,.:\,C = \frac{L_s}{L}.$$

Die Kosten ergeben sich wieder, indem die Gleichung

$$L_s = L\left(1 + C\,\frac{A - V}{A}\right)$$ mit der Zeit n multipliziert wird.

$$n\,.\,L_s = n\,L\left(1 + C\,\frac{A - V}{A}\right),$$

$$K = V\left(1 + C\,\frac{A - V}{A}\right).$$

Obgleich bei Anwendung dieses 2. Systems der alte Akkordsatz nicht erhöht wird, steigt der Preis der Arbeit doch bei Überschreitung der als normal angenommenen Zeit über diesen Akkordsatz.

Beispiel:

Ein Akkord sei mit 100 M. abgeschätzt. Der Arbeiter habe 4 M. Lohn. Als normale Arbeitszeit seien 20 Tage angenommen, sodaß der Arbeiter also 5 M. Tagesverdienst haben soll.

Der Koeffizient C ist also $\frac{5}{4} = 1{,}25$.

Die Formel lautet:

$$K = V\left(1 + 1{,}25\,\frac{A - V}{A}\right).$$

Kosten, Tagesverdienst usw. ergibt folgende Tabelle:

Arbeits-tage	Vorschuß M.	Erspart Proz.	Überschuß Proz.	Überschuß M.	Tages-verdienst M.	Kosten der Arbeit M.
25	100	0	0	0	4,00	100,00
24	96	4	5	4,80	4,20	100,80
23	92	8	10	9,20	4,40	101,20
22	88	12	15	13,20	4,60	101,20
21	84	16	20	16,80	4,80	100,80
20	80	20	25	20,00	5,00	100,00
19	76	24	30	22,80	5,20	98,80
18	72	28	35	25.20	5,40	97,20
17	68	32	40	27,20	5,60	95,20
16	64	36	45	28,80	5,80	92,80
15	60	40	50	30,00	6,00	90,00
14	56	44	55	30,80	6,20	86,80
13	52	48	60	31,20	6,40	83,20
12	48	52	65	31,20	6,60	79,20
11	44	56	70	30,80	6,80	74,80
10	40	60	75	30,00	7,00	70,00
9	36	64	80	28,80	7,20	64,80
8	32	68	85	27,20	7,40	59,20
7	28	72	90	25,20	7,60	53,20
6	24	76	95	22,80	7,80	46,80
5	20	80	100	20,00	8,00	40,00
4	16	84	105	16,80	8,20	32,80
3	12	88	110	13,20	8,40	25,20
2	8	92	115	9,20	8,60	17,20
1	4	96	120	4,80	8,80	8,80
0	0	100	125	0	9,00	0



Es ist nötig zu wissen, an welcher Stelle die Kosten am größten sind, d. h. bei welchem Vorschuß K ein Max. wird. Die Rechnung werde zunächst für C = 1,25 und dann allgemein durchgeführt.

$$K = V\left(1 + C\,\frac{A - V}{A}\right) = V\left(1 + 1{,}25\,\frac{A - V}{A}\right),$$

$$K = V - 1{,}25\,V - 1{,}25\,\frac{V^2}{A},$$

$$K = 2{,}25\,V - \frac{1{,}25}{A}\,V^2,$$

$$\frac{dK}{dV} = 2{,}25 - \frac{2{,}50}{A}\,V.$$

Wenn $\frac{dK}{dV} = 0$, so ist K = Max.

$$\therefore 2{,}25 - \frac{2{,}50}{A}\,V = 0 \qquad V = \frac{2{,}25}{2{,}50}\,A = 0{,}9\,A.$$

Dann ist $K = 0{,}9\,A\left(1 + 1{,}25\,\frac{A - 0{,}9\,A}{A}\right)$,

$$= 0{,}9\,A\,(1 + 1{,}25 \,.\, 0{,}1),$$

$$= 0{,}9\,A\;1{,}125 = 1{,}0125\,A.$$

Für die allgemeine Rechnung ist gegeben: L = Lohnsatz, L_s = Tagesverdienst, der erzielt werden soll. Der Koeffizient ist also $C = \frac{L_s}{L}$, Anschlag = A

$$K = V\left(1 + \frac{L_s}{L}\,\frac{A - V}{A}\right),$$

$$K = V + V\,\frac{L_s}{L} - \frac{V^2}{A} \cdot \frac{L_s}{L},$$

$$\frac{dK}{dV} = 1 + \frac{L_s}{L} - \frac{2\,V}{A} \cdot \frac{L_s}{L},$$ also K ist

Max., wenn $\frac{dK}{dV} = 0 = 1 + \frac{L_s}{L} - \frac{2\,V}{A}\,\frac{L_s}{L}$,

$$\frac{2\,V}{A}\,\frac{L_s}{L} = \frac{L + L_s}{L}$$ K ist Max., wenn

$$V = \frac{A\,.\,(L + L_s)}{2\,L_s},$$

dann ist $K_{max} = \frac{A\,(L + L_s)}{2\,L_s}\left(1 + \frac{L_s}{L} \cdot \frac{A - \frac{A\,(L\,L_s)}{2\,L_s}}{A}\right)$,

$$K_{max} = \frac{A\,(L + L_s)}{2\,L_s}\left(1 + \frac{L_s}{L} - \frac{L_s}{L}\,\frac{(L + L_s)}{2\,L_s}\right),$$

$$K_{max} = \frac{A\ (L + L_s)}{2\ L_s} \cdot \frac{2\ L\ L_s - 2\ L_s^2 - L\ L_s - L_s^2}{2\ L\ L_s},$$

$$K_{max} = \frac{A\ (L + L_s)}{2\ L_s}\ \frac{(L + L_s)}{2\ L} = A\ \frac{(L + L_s)^2}{4\ L\ L_s}.$$

Eine getrennte Besprechung dieses Systems B ist nicht nötig, da die Kurven sich einzig mit Verschiebung des Lohnsatzes mit denen des Systems A decken.

Gleiche Kurven bieten die folgenden Lohnsätze:

System			
A	B	A	B
4,90	4,80	4,40	3,80
4,80	4,60	4,30	3,60
4,70	4,40	4,20	3,40
4,60	4,20	4,10	3,20
4,50	4,00	4,00	3,00

Soll also etwa entschieden werden, welches System vorteilhaft ist, wenn der Durchschnitts-Lohnsatz 3,40 M. beträgt und der durchschnittliche Tagesverdienst 5 M., so hat man in Figur 5 zu betrachten die Kurve 3,40 M. für System A und 4,20 M. für System B. Die Kurve 3,40 M. steigt und fällt schneller als die Kurve 4,20 M. Der Teil aller Kurven, der Verlust des Werkes bedeutet, kann meist außer Acht gelassen werden, weil von vornherein ein richtiger Durchschnittsverdienst angenommen wird und es höchst unwahrscheinlich ist, daß die Arbeiterschaft in ihrer Leistung nachläßt. Es ist also hauptsächlich der fallende Ast zu betrachten.

Wo sehr viele unsichere Akkorde vorkommen, wo also die Gefahr des Verschätzens groß ist, wählt man praktisch die stark fallende Kurve, also System A. Dort dagegen, wo in der Hauptsache schon feste Akkordsätze vorhanden sind, wo man also dem Arbeiter einen größeren Ansporn geben muß, empfiehlt sich System B.

System C.

Die Tagesverdienstlinie geht durch den Punkt 7 M. der Akkordlinie bei Vorschuß $= \frac{A}{1,4}$ und schneidet die Abszissenachse bei $x = 2\ A$ (siehe Fig. 4), die Gleichung heißt $y = a\ x + b$.



Zur Bestimmung von a und b dient die Bedingung:

Wenn $x = 2\,A$ so ist $y = 0$

„ $x = \frac{A}{1{,}4}$ „ „ $y = 1{,}4\,L.$

Also $0 = a\,.\,2\,A + b$

$$1{,}4\,L = a\,.\,\frac{A}{1{,}4} + b$$

$$-\,1{,}4\,L = a\,.\,A\left(2 - \frac{1}{1{,}4}\right) = a\,A\,\frac{2{,}8 - 1}{1{,}4} = a\,.\,A\,\frac{1{,}8}{1{,}4}$$

$$a = -\,\frac{1{,}4^2\,L}{1{,}8\,A} \qquad b = -\,a\,.\,2\,A = \frac{2\,.\,1{,}4^2\,L}{1{,}8}.$$

Also $y = \frac{2\,.\,1{,}4^2\,L}{1{,}8} - \frac{1{,}4^2\,L}{1{,}8\,L}\,x.$

Oder $L_s = \frac{1{,}4^2\,L}{1{,}8}\left(2 - \frac{V}{A}\right)$

$$L_s = 1{,}09\,L\left(1 + \frac{A - V}{A}\right).$$

Da dieses System wenig durchsichtig ist, wird von einer genaueren Darstellung abgesehen. Die Linien liegen stets zwischen den Linien der Systeme A und B.

System D.

Eine weitere Ausgestaltung kann dem steigenden Zeitlohn gegeben werden durch Einführung eines variabeln Koeffizienten C in die Gleichung $L_s = L\left(1 + \frac{A - V}{A}\right)$, sodaß sie lautet: $L_s = L\left(1 + C\,\frac{A - V}{A}\right)$.

Ein sehr bequemer Koeffizient bietet sich in dem Klammerausdruck $1 + \frac{A - V}{A}$, sodaß die Gleichung lautet:

$$L_s = L\left\{1 + \left(1 + \frac{A - V}{A}\right)\frac{A - V}{A}\right\}.$$

Demgemäß betragen die Kosten

$$K = V\left\{1 + \left(1 + \frac{A - V}{A}\right)\frac{A - V}{A}\right\}.$$

Die folgende Tabelle zeigt das Steigen des Tagesverdienstes und die gleichzeitige Abnahme der Kosten für eine mit 100 M. veranschlagte Arbeit bei Ausführung durch einen Arbeiter mit 5 M. Lohnsatz.

In Fig. 6 sind diese Zahlen graphisch dargestellt.

Arbeitszeit Tage	Vorschuß M.	Erspart M.	Erspart Proz.	Variabl. Koeffizient C	Überverdienst in Proz.	Also Überverdienst in M.	Tagesverdienst in M.	Kosten der Arbeit M.	Verlust des Arbeiters gegenüber Akkord in Proz.
20	100	0	0	1,0	0	0	5,00	100,00	0,00
19	95	5	5	1,05	5,25	0,26	5,26	99,98	0,02
18	90	10	10	1,10	11,0	0,55	5,55	99,90	0,10
17	85	15	15	1,15	17,25	0,86	5,86	99,66	0,34
16	80	20	20	1,20	24,0	1,20	6,20	99,20	0,80
15	75	25	25	1,25	31,25	1,56	6,56	98,44	1,56
14	70	30	30	1,30	39,00	1,95	6,95	97,30	2,70
13	65	35	35	1,35	47,25	2,36	7,36	95,71	4,29
12	60	40	40	1,40	56,00	2,80	7,80	93,60	6,40
11	55	45	45	1,45	65,25	3,26	8,26	90,89	9,11
10	50	50	50	1,50	75,00	3,75	8,75	87,50	12,50
9	45	55	55	1,55	85,25	4,26	9,26	83,36	16,64
8	40	60	60	1,60	96,00	4,80	9,80	78,40	21,64
7	35	65	65	1,65	107,25	5,36	10,36	72,54	27,46
6	30	70	70	1,70	119,00	5,95	10,95	65,70	34,30
5	25	75	75	1,75	131,25	6,56	11,56	57,81	42,19
4	20	80	80	1,80	144,00	7,20	12,20	48,80	51,20
3	15	85	85	1,85	157,25	7,86	12,86	38,59	61,41
2	10	90	90	1,90	171,00	8,55	13,55	27,10	72,90
1	5	95	95	1,95	185,25	9,26	14,26	14,26	85,74
0	0	100	100	2,00	200	10,00	15,00	0	100,00

Das System vermeidet einige den vorher geschilderten Systemen anhaftende Mängel.

Bei System A, B und C steigt der Tagesverdienst, wie die Schaubilder zeigen, in einer Geraden. Hierin liegt eine gewisse Ungerechtigkeit gegen die Arbeiter.

Es ist fraglos bedeutend leichter, von 100 Stunden 10 zu sparen, als von den nun gebrauchten 90 und im weiteren Verlauf vielleicht 60 Stunden nochmals 10 Stunden zu sparen. Je weiter die Zeitersparnis geht, um so schwerer wird sie. Trotzdem steigt der Tagesverdienst bei System A—C für je 10 ersparte Stunden, gleichviel wo sie liegen, stets um den gleichen Betrag. Es ist also nur gerecht, diesem Übelstande abzuhelfen.

Während bei System D die ersten 10 Proz. Zeitersparnis 11 Proz. Lohnerhöhung geben, bringt z. B. die Zeitersparnis von 60 auf 50 Proz. Arbeitszeit 19 Proz. Lohnerhöhung.



Darstellung verschiedener Lohnsysteme.

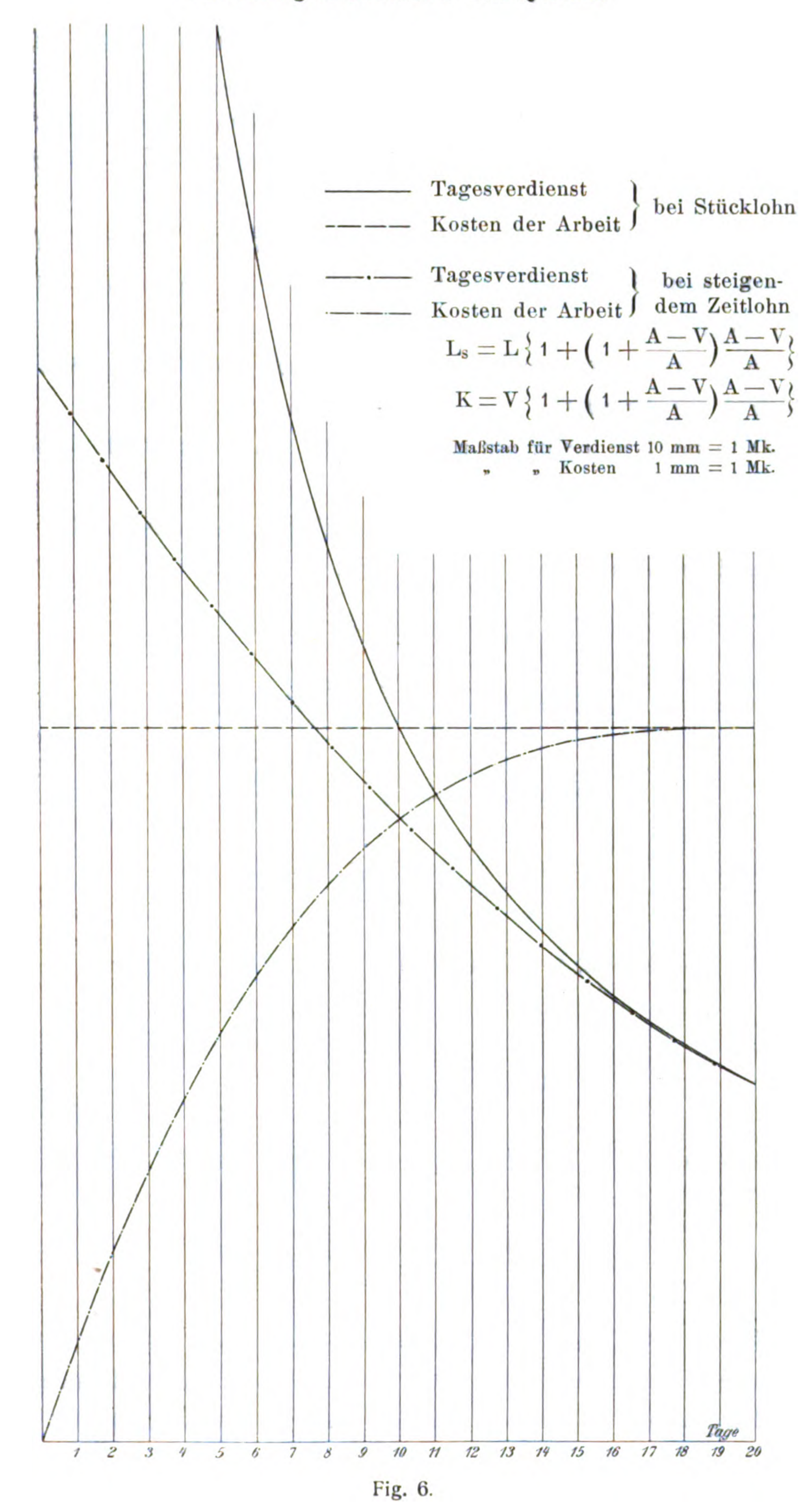


Fig. 6.

Die vorletzte Spalte der Tabelle, Kosten der Arbeit, zeigt, daß der Preis ziemlich lange dicht bei 100 M. bleibt, daß also ziemlich lange dies System dem Akkordsystem fast gleich ist.

Bei 35 Proz. Zeitersparnis verdient der Arbeiter nur 4,29 Proz. weniger als im Akkord und bei 40 Proz. Zeitersparnis nur 6,4 Proz. weniger als im Akkord.

Falls der Minderverdienst gegenüber Akkordarbeit wesentlich wird, ist es praktisch, außerdem noch, wie bei System A, eine geringe Erhöhung des Anschlages vorzunehmen.

Da diese Erhöhung nur in extremen Fällen erforderlich ist, sei sie nur für 1 Beispiel durchgeführt.

Ein Mann mit 3 M. Lohnsatz gebrauche zu einer mit 100 M. abgeschätzten Arbeit 20 Tage.

Wie hoch muß für System D der Anschlag A sein, damit der Mann bei wieder 20 tägiger Arbeit pro Tag 5 M. verdient?

$$L_s = 5 \,/\, L = 3 \,/\, V = 60 \,/\, A = ?$$

$$L_s = L\left\{1 + \left(1 + \frac{A - V}{A}\right)\frac{A - V}{A}\right\}$$

$$5 = 3\left\{1 + \left(1 + \frac{A - 60}{A}\right)\frac{A - 60}{A}\right\}$$

$$\frac{5}{3} - 1 = \frac{2\,A - 60}{A} \cdot \frac{A - 60}{A}$$

$$\frac{2}{3}\,A^2 = (2\,A - 60)\,(A - 60) = 2\,A^2 - 180\,A + 3600$$

$$4\,A^2 - 540\,A = -10800$$

$$A^2 - 135\,A = -2700$$

$$A = \frac{135}{2} \pm \sqrt{\frac{135^2}{4} - 2700} = \frac{135}{2} \pm \sqrt{\frac{18225 - 10800}{4}}$$

$$A = \frac{135}{2} \pm \frac{86}{2} = \frac{221}{2} \infty 110 \text{ M.}$$

Es ist also nur eine ganz geringfügige Erhöhung des Anschlages nötig, um bei dem großen Unterschiede zwischen Lohnsatz 3 M. und Tagesverdienst 5 M. den Ausgleich herbeizuführen. Der Anschlag ist von 100 auf 110 M. zu erhöhen.



In der folgenden Tabelle und in Fig. 7 sind Tagesverdienst und Preise für die Lohnsätze 5 M., 4,50 M., 4 M., 3,50 M. und 3 M. berechnet. In der mit D + A überschriebenen Spalte ist gezeigt, wie sich die Zahlen ändern, wenn der Anschlag um 10 Proz. erhöht wird.

Die für dies System geltenden Kurven sollen untersucht werden.

Tage	Tagesverdienst bei Lohnsatz					D + A	Kosten der Arbeit bei Lohnsatz					D + A
	5,00	4,50	4,00	3,50	3,00	3,00	5,00	4,50	4,00	3,50	3,00	3,00
36	—	—	—	—	—	3,05	—	—	—	—	—	109,99
35	—	—	—	—	—	3,14	—	—	—	—	—	109,99
34	—	—	—	—	—	3,23	—	—	—	—	—	109,98
33	—	—	—	—	3,03	3,33	—	—	—	—	—	109,89
32	—	—	—	—	3,12	3,43	—	—	—	—	99,99	109,76
31	—	—	—	—	3,22	3,53	—	—	—	—	99,97	109,53
30	—	—	—	—	3,33	3,64	—	—	—	—	99,90	109,35
29	—	—	—	—	3,44	3,76	—	—	—	—	99,78	108,98
28	—	—	—	3,57	3,56	3,88	—	—	—	100,00	99,59	108,53
27	—	—	—	3,71	3,68	4,00	—	—	—	99,98	99,31	107,90
26	—	—	—	3,84	3,80	4,13	—	—	—	99,93	98,94	107,30
25	—	—	4,00	3,99	3,94	4,26	—	—	100,00	99,80	98,44	106,44
24	—	—	4,17	4,15	4,07	4,39	—	—	99,99	99,59	97,80	105,41
23	—	—	4,35	4,32	4,22	4,53	—	—	99,95	99,26	97,02	104,22
22	—	4,55	4,54	4,49	4,37	4,68	—	100,00	99,83	98,78	96,07	102,96
21	—	4,76	4,74	4,67	4,52	4,83	—	99,98	99,59	98,14	94,93	101,39
20	5,00	4,995	4,96	4,87	4,68	4,99	100,00	99,90	99,20	97,30	93,60	99,69
19	5,26	5,25	5,19	5,07	4,84	5,14	99,99	99,69	98,62	96,25	92,05	97,72
18	5,55	5,52	5,43	5,28	5,01	5,30	99,90	99,31	97,80	94,93	90,27	95,47
17	5,86	5,80	5,69	5,49	5,19	5,47	99,66	98,70	96,72	93,35	88,24	92,92
16	6,20	6,11	5,96	5,72	5,37	5,65	99,20	97,80	95,33	91,48	85,94	90,33
15	6,56	6,43	6,24	5,95	5,56	5,82	98,44	96,57	93,60	89,29	83,36	87,31
14	6,95	6,78	6,53	6,19	5,75	6,00	97,30	94,93	91,48	86,73	80,49	84,00
13	7,36	7,14	6,84	6,45	5.95	6,18	95,71	92,86	88,94	83,81	77,30	80,48
12	7,80	7,52	7,16	6,71	6,15	6,38	93,60	90,27	85,94	80,49	73,79	76,53
11	8,26	7,92	7,49	6,98	6,36	6,57	90,89	87,12	82,44	76,74	69,92	72,27
10	8,75	8,34	7,84	7,25	6,57	6,77	87,50	83,36	78,44	72,54	65,70	67,67
9	9,26	8,77	8,20	7,54	6.79	6,97	83,36	78,93	73,79	67,86	61,10	61,71
8	9,80	9,22	8,57	7,83	7,01	7,18	78,40	73,79	68,56	62,68	56,10	57,44
7	10,36	9,69	8,95	8,14	7,24	7,39	72,54	67,86	62,68	56,95	50,70	51,73
6	10,95	10,18	9,35	8,45	7,48	7,60	65,70	61,60	56,10	50,70	44,86	45,62
5	11,56	10,69	9,76	8,77	7,72	7,83	57,81	53,44	48,80	43,84	38,59	37,13
4	12,20	11,22	10,18	9,10	7.96	8,05	48,80	44,86	40,73	36,39	31,85	32,22
3	12,86	11,76	10,62	9,44	8.21	8,30	38,59	35,29	31,85	28,30	24,64	24,90
2	13,55	12,32	11,07	9,78	8,47	8,51	27,10	24,64	22,13	19,56	16,94	17,03
1	14,26	12,90	11,53	10,14	8,73	8,75	14,26	12,90	11,53	10,14	8,73	8,75
0	15,00	13,50	12,00	10,50	9,00	9,00	0	0	0	0	0	0

$$L_s = L\left\{1 + \left(1 + \frac{A - V}{A}\right) \frac{A - V}{A}\right\},$$

$$L_s = L + L\,\frac{A - V}{A} + L\,\frac{A^2 - 2\,A\,V + V^2}{A^2},$$

$$L_s = \frac{A^2\,L + A^2\,L - A\,L\,V + A^2\,L - 2\,A\,L\,V + V^2\,L}{A^2},$$

$$L_s = 3\,L - 3\,\frac{L}{A}\,V + \frac{L}{A^2}\,V^2.$$

L_s wird Minimum, wenn $\frac{d\,L_s}{d\,V} = 0$,

$$\frac{d\,L_s}{d\,V} = -3\,\frac{L}{A} + 2\,\frac{L}{A^2}\,V = o,$$

$$V = \frac{3}{2}\,\frac{L}{A} \cdot \frac{A^2}{L} = \frac{3}{2}\,A.$$

Bei diesem Werte von V ist

$$L_s = 3\,L - 3\,\frac{L}{A} \cdot \frac{3}{2}\,A + \frac{L}{A^2}\,\frac{9}{4}\,A^2$$

$$.:\ L_s = \frac{3}{4}\,L.$$

Bezieht man die Gleichung für L_s auf den Punkt $\frac{3}{4}$ L und $\frac{3}{2}$ A als Koordinaten-Anfangspunkt, so wird

$$L_s = y + \frac{3}{4}\,L \text{ und}$$

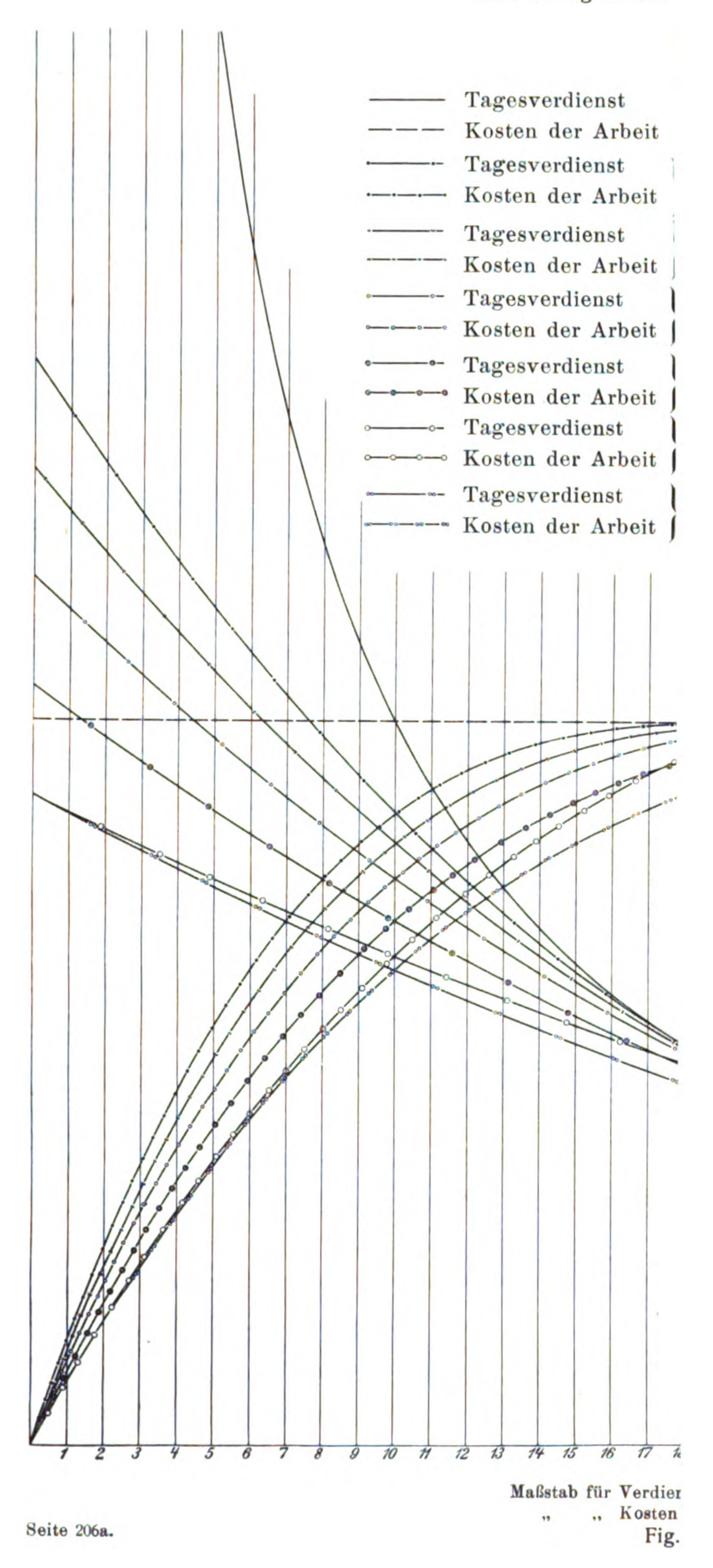
$$V = x + \frac{3}{2}\,A,$$

$$y = \frac{3}{4}\,L = 3\,L - 3\,\frac{L}{A}\left(x + \frac{3}{2}\,A\right) + \frac{L}{A^2}\left(x^2 + 3\,A\,x + \frac{9}{4}\,A^2\right),$$

$$y = \frac{3}{4}\,L = 3\,L - \frac{3\,L\,x}{A} - \frac{9}{2}\,L + \frac{L\,x^2}{A^2} + \frac{3\,L\,x}{A} + \frac{9}{4}\,L,$$

$$y = x^2\,\frac{L}{A^2}\ .:\ x^2 = y\,\frac{A^2}{L}.$$

Darstellung versch



Maßstab für Verdier
" " Kosten
Fig.

Seite 206a.

Die Kurve des Tagesverdienstes ist also eine Parabel, deren Scheitel bei $x = \frac{3}{2}$ A und $y = \frac{3}{4}$ L liegt und deren Parameter $\frac{A^2}{L}$ ist.

Die Kosten ergeben sich wieder durch Multiplikation der Gleichung mit der Zeit.

$$K = V\left\{1 + \left(1 + \frac{A - V}{A}\right)\frac{A - V}{A}\right\},$$

$$K = V + V\frac{A - V}{A} + V \cdot \left(\frac{A - V^2}{A}\right),$$

$$K = 3\,V - 3\frac{V^2}{A} + \frac{V^3}{A^2}.$$

Ein Maximum hat K nicht, sondern nur bei $V = A$ einen Wendepunkt, denn

$$\frac{d\,K}{d\,V} = 3 - \frac{6\,V}{A} + \frac{3\,V^2}{A^2} = o, \text{ also } V = A,$$

$$\frac{d_2\,K}{d\,V^2} = -\frac{5}{A} + \frac{6\,V}{A^2} \text{ da } V = A, \text{ so ist}$$

$$\frac{d_2\,K}{d\,V^2} = 0,$$

$$\frac{d_3\,K}{d\,V^3} = \frac{6}{A^2}.$$

Da dieser Wert nicht gleich 0 ist, so ist an der Stelle $V = A$ kein Max. oder Min., sondern ein Wendepunkt, dessen Tangente parallel zur Abszissenachse läuft. In den folgenden Tabellen sind die Resultate der Systeme A, B und D zusammengestellt.

Die Tagesverdienste und die Kosten sind abgerundet. Da der Tagelohn in allen Fällen als garantiert angenommen ist, sind die Werte, die diesen Lohnsatz unterschreiten, im allgemeinen fortgelassen. Nur da, wo dieselben für den Vergleich Interesse bieten, sind sie mit aufgenommen.

Allgemein sind die Werte verglichen mit den Werten des Akkordsystems als der neben dem Zeitlohn am meisten gebrauchten Lohnform. Die Spalten „Mehr- oder Minderverdienst“ des Arbeiters gegen Akkordsystem sind einfach dadurch bestimmt, daß die Differenz der Kosten (die beim Akkord stets mit 100 M. angenommen sind) eingesetzt ist.



Tabelle 1a. Tagesverdienst bei System A für Lohnsatz von 3—5 Mark steigend um je 10 Pf.

Arbeits-tage	Lohnsatz in Mark															
	3,00	3,10	3,20	3,30	3,40	3,50	3,60	3,70	3,80	3,90	4,00	4,10	4,20	4,30	4,40	4,50
60	3,00															
59	3,05															
58	3,10															
57	3,15															
56	3,20															
55	3,25															
54	3,30															
53	3,35															
52	3,40	3,08														
51	3,45	3.14														
50	3,50	3,20														
49	3,55	3,26														
48	3,60	3,32														
47	3,65	3,38														
46	3,70	3,44	3,18													
45	3,75	3,50	3,25													
44	3,80	3,56	3,32													
43	3,85	3,62	3,39													
42	3,90	3,68	3,46	3,24												
41	3,95	3,74	3,53	3,32												
40	4,00	3,80	3,60	3,40												
39	4,05	3,86	3,67	3,48												
38	4,10	3,92	3,74	3,56	3,38											
37	4,15	3,98	3,81	3,64	3,47											
36	4,20	4,04	3,88	3,72	3,56											
35	4,25	4,10	3,95	3,80	3,65	3,50										
34	4,30	4,16	4,02	3,88	3,74	3,60										

Tabelle 1b. Tagesverdienst bei System B für Lohnsatz von 3—5 Mark steigend um je 20 Pf.

Arbeits-tage	Lohnsatz in Mark										
	3,00	3,20	3,40	3,60	3,80	4,00	4,20	4,40	4,60	4,80	5,00
33	3,05										
32	3,20	3,08									
31	3,35	3,24									
30	3,50	3,40	3,30								
29	3,65	3,56	3,47								
28	3,80	3,72	3,64	3,58							
27	3,95	3,88	3,81	3,74	3,67						
26	4,10	4,04	3,98	3,92	3,86						
25	4,25	4,20	4,15	4,10	4,05	4,00					
42	4,40	4,36	4,32	4,28	4,24	4,20	4,16				
23	4,55	4,52	4,49	4,46	4,43	4,40	4,37	4,34			
22	4,70	4,68	4,66	4,64	4,62	4,60	4,58	4,56	4,54		
21	4,85	4,84	4,83	4,82	4,81	4,80	4,79	4,78	4,77	4,76	
20	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
19	5,15	5,16	5,17	5,18	5,19	5,20	5,21	5,22	5,23	5,24	5,25
18	5,30	5,32	5,34	5,36	5,38	5,40	5,42	5,44	5,46	5,48	5,50
17	5,45	5,48	5,51	5,54	5,57	5,60	5,63	5,66	5,69	5,72	5,75
16	5,60	5,64	5,68	5,72	5,76	5,80	5,84	5,88	5,92	5,96	6,00
15	5,75	5,80	5,85	5,90	5,95	6,00	6,05	6,10	6,15	6,20	6,25
14	5,90	5,96	6,02	6,08	6,14	6,20	6,26	6,32	6,38	6,44	6,50
13	6,05	6,12	6,19	6,26	6,33	6,40	6,47	6,54	6,61	6,68	6,75
12	6,20	6,28	6,36	6,44	6,52	6,60	6,68	6,76	6,84	6,92	7,00
11	6,35	6,44	6,53	6,62	6,71	6,80	6,89	6,98	7,07	7,16	7,25
10	6,50	6,60	6,70	6,80	6,90	7,00	7,10	7,20	7,30	7,40	7,50
9	6,65	6,76	6,87	6,98	7,09	7,20	7,31	7,42	7,53	7,64	7,75
8	6,80	6,92	7,04	7,16	7,28	7,40	7,52	7,64	7,76	7,88	8,00
7	6,95	7,08	7,21	7,34	7,47	7,60	7,73	7,86	7,99	8,12	8,25

6	7,10	7,24	7,38	7,52	7,66	7,80	7,94	8,08	8,22	8,36	8,50
5	7,25	7,40	7,55	7,70	7,85	8,00	8,15	8,30	8,45	8,60	8,75
4	7,40	7,56	7,72	7,88	8,04	8,20	8,36	8,52	8,68	8,84	9,00
3	7,55	7,72	7,89	8,06	8,23	8,40	8,57	8,74	8,91	9,08	9,25
2	7,70	7,88	8,06	8,24	8,42	8,60	8,78	8,96	9,14	9,32	9,50
1	7,85	8,04	8,23	8,42	8,61	8,80	8,99	9,18	9,37	9,56	9,75
0	8,00	8,20	8,40	8,60	8,80	9,00	9,20	9,40	9,60	9,80	10,00

Lohnsatz in Mark

4,60 4,70 4,80 4,90 5,00

33	4,35	4,22	4,09	3,96	3,83	3,70	3,57														
32	4,40	4,28	4,16	4,04	3,92	3,80	3,68														
31	4,45	4,34	4,23	4,12	4,01	3,90	3,79	3,68													
30	4,50	4,40	4,30	4,20	4,10	4,00	3,90	3,80	3,70												
29	4,55	4,46	4,37	4,28	4,19	4,10	4,01	3,92	3,83												
28	4,60	4,52	4,44	4,36	4,28	4,20	4,12	4,04	3,96	3,88											
27	4,65	4,58	4,51	4,44	4,37	4,30	4,23	4,16	4,09	4,02	3,95										
26	4,70	4,64	4,58	4,52	4,46	4,40	4,34	4,28	4,22	4,16	4,10	4,04									
25	4,75	4,70	4,65	4,60	4,55	4,50	4,45	4,40	4,35	4,30	4,25	4,20	4,15	4,10							
24	4,80	4,76	4,72	4,68	4,64	4,60	4,56	4,52	4,48	4,44	4,40	4,36	4,32	4,28	4,24						
23	4,85	4,82	4,79	4,76	4,73	4,70	4,67	4,64	4,61	4,58	4,55	4,52	4,49	4,46	4,43	4,40					
22	4,90	4,88	4,86	4,84	4,82	4,80	4,78	4,76	4,74	4,72	4,70	4,68	4,66	4,64	4,62	4,60	4,58	4,56			
21	4,95	4,94	4,93	4,92	4,91	4,90	4,89	4,88	4,87	4,86	4,85	4,84	4,83	4,82	4,81	4,80	4,79	4,78	4,77	4,76	
20	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
19	5,05	5,06	5,07	5,08	5,09	5,10	5,11	5,12	5,13	5,14	5,15	5,16	5,17	5,18	5,19	5,20	5,21	5,22	5,23	5,24	5,25
18	5,10	5,12	5,14	5,16	5,18	5,20	5,22	5,24	5,26	5,28	5,30	5,32	5,34	5,36	5,38	5,40	5,42	5,44	5,46	5,48	5,50
17	5,15	5,18	5,21	5,24	5,27	5,30	5,33	5,36	5,39	5,42	5,45	5,48	5,51	5,54	5,57	5,60	5,63	5,66	5,69	5,72	5,75
16	5,20	5,24	5,28	5,32	5,36	5,40	5,44	5,48	5,52	5,56	5,60	5,64	5,68	5,72	5,76	5,80	5,84	5,88	5,92	5,96	6,00
15	5,25	5,30	5,35	5,40	5,45	5,50	5,55	5,60	5,65	5,70	5,75	5,80	5,85	5,90	5,95	6,00	6,05	6,10	6,15	6,20	6,25
14	5,30	5,36	5,42	5,48	5,54	5,60	5,66	5,72	5,78	5,84	5,90	5,96	6,02	6,08	6,14	6,20	6,26	6,32	6,38	6,44	6,50
13	5,35	5,42	5,49	5,56	5,63	5,70	5,77	5,84	5,91	5,98	6,05	6,12	6,19	6,26	6,33	6,40	6,47	6,54	6,61	6,68	6,75
12	5,40	5,48	5,56	5,64	5,72	5,80	5,88	5,96	6,04	6,12	6,20	6,28	6,36	6,44	6,52	6,60	6,68	6,76	6,84	6,92	7,00
11	5,45	5,54	5,63	5,72	5,81	5,90	5,99	6,08	6,17	6,26	6,35	6,44	6,53	6,62	6,71	6,80	6,89	6,98	7,07	7,16	7,25
10	5,50	5,60	5,70	5,80	5,90	6,00	6,10	6,20	6,30	6,40	6,50	6,60	6,70	6,80	6,90	7,00	7,10	7,20	7,30	7,40	7,50
9	5,55	5,66	5,77	5,88	5,99	6,10	6,21	6,32	6,43	6,54	6,65	6,76	6,87	6,98	7,09	7,20	7,31	7,42	7,53	7,64	7,75
8	5,60	5,72	5,84	5,96	6,08	6,20	6,32	6,44	6,56	6,68	6,80	6,92	7,04	7,16	7,28	7,40	7,52	7,64	7,76	7,88	8,00
7	5,65	5,78	5,91	6,04	6,17	6,30	6,43	6,56	6,69	6,82	6,95	7,08	7,21	7,34	7,47	7,60	7,73	7,86	7,99	8,12	8,25
6	5,70	5,84	5,98	6,12	6,26	6,40	6,54	6,68	6,82	6,96	7,10	7,24	7,38	7,52	7,66	7,80	7,94	8,08	8,22	8,36	8,50
5	5,75	5,90	6,05	6,20	6,35	6,50	6,65	6,80	6,95	7,10	7,25	7,40	7,55	7,70	7,85	8,00	8,15	8,30	8,45	8,60	8,75
4	5,80	5,96	6,12	6,28	6,44	6,60	6,76	6,92	7,08	7,24	7,40	7,56	7,72	7,88	8,04	8,20	8,36	8,52	8,68	8,84	9,00
3	5,85	6,02	6,19	6,36	6,53	6,70	6,87	7,04	7,21	7,38	7,55	7,72	7,89	8,06	8,23	8,40	8,57	8,74	8,91	9,08	9,25
2	5,90	6,08	6,26	6,44	6,62	6,80	6,98	7,16	7,34	7,52	7,70	7,88	8,06	8,24	8,42	8,60	8,78	8,96	9,14	9,32	9,50
1	5,95	6,14	6,33	6,52	6,71	6,90	7,09	7,28	7,47	7,66	7,85	8,04	8,23	8,42	8,61	8,80	8,99	9,18	9,37	9,56	9,75
0	6,00	6,20	6,40	6,60	6,80	7,00	7,20	7,40	7,60	7,80	8,00	8,20	8,40	8,60	8,80	9,00	9,20	9,40	9,60	9,80	10,00

Tabelle 2a. Kosten der Arbeit bei System A für Lohnsatz von 3—5 Mark steigend um je 10 Pf.

Arbeits-tage	Lohnsatz in Mark											
	3.00	3,10	3.20	3.30	3,40	3.50	3,60	3,70	3,80	3,90	4,00	4,10
60	180,00											
59	179,95											
58	179,80											
57	179,55											
56	179,20											
55	178,75											
54	178,20											
53	177,55											
52	176,80	160,16										
51	175,95	160,14										
50	175,00	160,00										
49	173,95	159,74										
48	172,80	159,36										
47	171,55	158,86										
46	170,20	158,24	146.28									
45	168.75	157,50	146,25									
44	167,20	156,64	146,08									
43	165,55	155,66	145,77									
42	163,80	154,56	145,32									
41	161,95	153,34	144,73	136,12								
40	160,00	152,00	144.00	136,00								
39	157,95	150,54	143,13	135,72								
38	155,80	148,96	142,12	135,28	128,44							
37	153,55	147,26	140,97	134,68	128,39							
36	151,20	145,44	139,68	133,92	128,16							
35	148,75	143,50	138,75	133,00	127,75	122,50						
34	146,20	141,44	136,68	131,92	127,16	122,40						

Tabelle 2b. Kosten der Arbeit bei System B für Lohnsatz von 3—5 Mark steigend um je 20 Pf.

Arbeits-tage	Lohnsatz in Mark										
	3,00	3,20	3,40	3,60	3,80	4,00	4,20	4,40	4,60	4,80	5.00
33	100,65										
32	102,40										
31	103,85	100,44									
30	105,00	102,00									
29	185,85	103,24	100,63								
28	106,40	104,16	101,92	99,68							
27	106,65	104,76	102,87	100,98							
26	106,60	105,04	103,48	101,92	100,36						
25	106,25	105,00	103,75	102,50	101,25	100,00					
24	105,60	104,64	103,68	102,72	101,76	100,80	99,84				
23	104,65	103,96	103,27	102,58	101,89	101,20	100,51	99,82			
22	103,40	102,96	102,52	102,08	101,64	101,20	100,76	100,32	99,88		
21	101,85	101,64	101,43	101,22	101,01	100,80	100,59	100,38	100,17	99,96	
20	100.00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
19	97,85	98,04	98.23	98,42	98,61	98,80	98,99	99,18	99,37	99,56	99,75
18	95,40	95.76	96 12	96,48	96,84	97,20	97,56	97,92	98,28	98,64	99,00
17	92,65	93,16	93,67	94,18	94,69	95,20	95,71	96,22	96,73	97,24	97,75
16	89,60	90,24	90,88	91,52	92,14	92,80	93,44	94,08	94,72	95,36	96,00
15	86.25	87,00	87,75	88,50	89,25	90,00	90,75	91,50	92,25	93,00	93,75
14	82,60	83,44	84,28	85,12	85,96	86,80	87,64	88,48	89,32	90,16	91 00
13	78,65	79,56	80,47	81,38	82,29	83,20	84,11	85,02	85,93	86,84	87,75
12	74,40	75,36	76,32	77,28	78,24	79,20	80,16	81,12	82,08	83,04	84,00
11	69,85	70,84	71,83	72,82	73,81	74,80	75,79	76,78	77,77	78,76	79,75
10	65,00	66,00	67,00	68,00	69,00	70,00	71,00	72,00	73,00	74,00	75,00
9	59,85	60,84	61,83	62,82	63,81	64,80	65,79	66,78	67,77	68,76	69,75
8	54,40	55,36	56,32	57,28	58,24	59,20	60,16	61,12	62,08	63,04	64,00
7	48,65	49,56	50,47	51,38	52,29	53,20	54,11	55,02	55,93	56,84	57,75

6	42,60	43,44	44,28	45,12	45,96	46,80	47,64	48,48	49,32	50,16	51,00
5	36,25	37,00	37,75	38,50	39,25	40,00	40,75	41,50	42,25	43,00	43,75
4	29,60	30,24	30,88	31,52	32,14	32,80	33,44	34,08	34,74	35,36	36 00
3	22,65	23,16	23,67	24,18	24,69	25,20	25,71	26,22	26,73	27,24	27,75
2	15,40	15,76	16,12	16,48	16,84	17,20	17,56	17,92	18,28	18.64	19,00
1	7,85	8,04	8,23	8.42	8,61	8,80	8,99	9,18	9,37	9,56	9,75
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

33	143,55	139,26	134,97	130,68	126,39	122,10	117,81														
32	140,80	136,96	133,12	129,28	125,44	121,60	117,76														
31	137,95	134,54	131,13	127,72	124,31	120,90	117,49	114,08													
30	135,00	132.00	129,00	126,00	123,00	120,00	117,00	114,00													
29	131,95	129,34	126,73	124,12	121,51	118,90	116,29	113,68	111,07												
28	128,80	126,56	124,32	122,00	119,84	117,60	115,36	113,12	110,88	108.64											
27	125,55	123,66	121,77	119,88	117,99	116,10	114,21	112,32	110,43	108 54	106,65										
26	122,20	120,64	119,08	117,52	115.96	114,40	112,84	111,28	109,72	108,16	106,60	105,04	4.20	4,30	4.40	4,50	4,60	4,70	4,80	4,90	5,00 M. Lohnsatz.
25	118,75	117,50	116,25	115,00	113,75	112,50	111,25	110,00	108,75	107,50	106,25	105,00	103,75								
24	115,20	114,24	113,28	112,32	111,36	110,40	109,74	108,48	107,52	106.56	105,60	104,64	103,68	102,72							
23	111.55	110.86	110,17	109,48	108,79	108,10	107,41	106,72	106,03	105,34	104,65	103,96	103,27	102,58	101,89						
22	107.80	107,36	106,92	106,48	106,04	105,60	105,16	104,72	104,28	103,84	103,40	102,96	102,52	102,08	101,64	101,20	100,76				
21	103,95	103.74	103,53	103,32	103,11	102,90	102,69	102,48	102 27	102,06	101.85	101,64	101.43	101,22	101,01	100,80	100,59	100,38	100,17		
20	100,00	100.00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
19	95,95	96,14	96,33	96,52	96,71	96.90	97,09	97,28	97,47	97,66	97,85	98,04	98,23	98,42	98,61	98,80	98,99	99,18	99,37	99,56	99,75
18	91,80	92,16	92,52	92,88	93,24	93,60	93,96	94,32	94,68	95,04	95,40	95,76	96,12	96,48	96,84	97,20	97,56	97,92	98,28	98,64	99,00
17	87,55	88.06	88,57	89,08	89.59	90,00	90,61	91,12	91,63	92,14	92,65	93,16	93,67	94,18	94,69	95,20	95,71	96,22	96,73	97,24	97,75
16	83,20	83,84	84,48	85,12	85,76	86,40	87,04	87,68	88,32	88,96	89,60	90,24	90,88	91,52	92,14	92,80	93,44	94,08	94,72	95,36	96,00
15	78,75	79,50	80,25	81,00	81,75	82,50	83,25	84,00	84,75	85,5.	86,25	87,00	87,75	88.50	89,25	90,00	90,75	91,50	92,25	93,00	93,75
14	74,20	75,04	75,88	76,72	77,56	78.40	79,24	80,08	80,92	81,76	82.60	83,44	84,28	85,12	85,96	86,80	87,64	88,48	89,32	90,16	91,00
13	69,55	70,46	71,37	72,28	73,19	74,10	75,01	75,92	76,83	77,74	78,65	79,56	80,47	81,38	82,29	83,20	84,11	85,02	85,93	86,84	87,75
12	64,80	65,76	66,72	67,68	68,64	69,60	70,56	71,52	72,48	73,44	74,40	75,36	76,32	77,28	78,24	79,20	80,16	81,12	82,08	83,04	84,00
11	59,95	60,94	61,93	62,92	63,91	64,90	65,89	66,88	67,87	68,86	69,85	70,84	71,83	72,82	73,81	74,80	75,79	76,78	77,77	78,76	79,75
10	55,00	56.00	57,00	58,00	59,00	60,00	61,00	62,00	63,00	64,00	65,00	66,00	67,00	68,00	69,00	70,00	71,00	72,00	73,00	74,00	75,00
9	49,95	50,94	51,93	52,92	53,91	54,90	55.89	56,88	57.87	58,86	59,85	60,84	61,83	62,82	63,81	64,80	65,79	66,78	67,77	68,76	69,75
8	44,80	45,76	46,72	47,68	48,64	49,60	50,56	51,52	52,48	53,44	54,40	55,36	56,32	57,28	58,24	59,20	60,16	61,12	62,08	63,04	64 00
7	39.55	40,46	41,37	42,28	43,19	44.10	45,01	45,92	46,83	47,74	48,65	49,56	50,47	51,38	52,29	53,20	54,11	55,02	55,93	56,84	57,75
6	34,20	35,04	35,88	36,72	37,56	38,40	39,24	40,08	40,92	41,76	42,60	43,44	44.28	45,12	45,96	46,80	47,64	48,48	49,32	50,16	51,00
5	28,75	29,50	30,25	31,00	31,75	32,50	33,25	34.00	34,75	35,50	36,25	37,00	37,75	38,50	39,25	40,00	40,75	41,50	42,25	43,00	43,75
4	23,20	23,84	24,48	25.12	25,76	26,40	27,04	27,68	28,32	28,96	29,60	30,24	30,88	31,52	32,14	32,80	33,44	34,08	34,74	35,36	36,00
3	17,55	18.06	18,57	19,08	19,59	20,10	20,61	21,12	21,63	22,14	22,65	23,16	23,67	24,18	24,69	25,20	25,71	26,22	26,73	27,24	27,75
2	11,80	12,16	12,52	12,88	13,24	13,60	13,96	14,32	14,68	15,04	15,40	15,76	16,12	16,48	16,84	17,20	17,56	17,92	18,28	18,64	19,00
1	5,95	6.14	6,33	6,52	6,71	6,90	7,09	7,28	7,47	7,66	7,85	8,04	8,23	8,42	8,61	8,80	8,99	9,18	9,37	9,56	9,75
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 3. Gegenüberstellung von Tagesverdiensten und Preisen nach verschiedenen Systemen.

Stets ist angenommen, daß ein Mann normal in 20 Arbeitstagen das Werkstück fertig hat und dabei 5 M. Tagesverdienst haben soll. Die Tabelle ist durchgeführt für 3 Systeme und für 5,00 4,50, 4,00 3,50 und 3,00 M. Lohnsatz.

a) Lohnsatz 5 M.

Arbeitszeit in Tagen	Tagesverdienst in M. bei System			Kosten der Arbeit in M. bei System			Bei Akkord		Verlust des Arbeiters gegen Arbeit im Akkord in Proz.		
	A	B	D	A	B	D	Tagesverdienst M	Kosten M.	A	B	D
20	5,00	wie I	5,00	100,00	wie I	100,00	5,00	100,00	0	wie I	0
19	5,25		5,26	99,75		99,99	5,26	„	0,25		0,01
18	5,50		5,55	99,00		99,90	5,55	„	1,00		0,1
17	5,75		5,86	97,75		99,66	5,88	„	2,25		0,34
16	6,00		6,20	96,00		99,20	6,25	„	4,00		0,8
15	6,25		6,56	93,75		98,44	6,67	„	6,25		1,54
14	6,50		6,95	91,00		97,30	7,14	„	9,00		2,70
13	6,75		7,36	87,75		95,71	7,69	„	12,25		4,29
12	7,00		7,80	84,00		93,60	8,33	„	16.00		6,40
11	7,25		8,26	79,75		90,89	9,09	„	20,25		9,11
10	7.50		8,75	75,00		87,50	10.00	„	25,00		12,50
9	7,75		9,26	69,75		83,36	11,11	„	30,25		16,64
8	8,00		9,80	64,00		78,40	12,50	„	36,00		21,60
7	8,25		10,36	57,75		72,54	14,29	„	42,25		27,46
6	8,50		10,95	51,00		65,70	16,67	„	49.00		34,30
5	8,75		11,56	43,75		57,81	20,00	„	56,25		42,11
4	9,00		12,20	36,00		48,80	25,00	„	64,00		51,20
3	9,25		12,86	27,75		38,59	33,33	„	72,25		61,41
2	9,50		13,55	19,00		27,10	50,00	„	81,00		72,90
1	9,75		14,26	9,75		14,26	100.00	„	90,25		85,74
0	10.00		15,00	0		0	∞	„	100,00		100.00

b) Lohnsatz 4,50 M.

Bei A-Satz erhöht auf 101,25 M.

Arbeitszeit in Tagen	Tagesverdienst in M. bei System			Kosten der Arbeit in M. bei System			Bei Akkord		Verlust des Arbeiters gegen Arbeit in Akkord in Proz.		
	A	B	D	A	B	D	Tagesverdienst M.	Kosten M.	A	B	D
22,5	4,50			101,25			4,44	100,00	—1,25		
22	4,60	4,55	4,55	101,20	100,10	100,00	4,545	„	—1,20	—0,10	0
21	4,80	4,77	4,76	100,80	100,48	99,98	4,76	„	—0,80	—0,48	0,02
20	5,00	5,00	4,995	100,00	100,00	99,90	5,00	„	0	0	0,01
19	5,20	5,22	5,25	98,80	99,27	99,69	5,26	„	1,20	0,73	0,31
18	5,40	5,45	5,52	97,20	98,10	99,31	5,55	„	2,80	1,90	0,69
17	5,60	5,67	5,80	95,20	95,47	98,65	5,88	„	4,80	3,53	1,35
16	5,80	5,90	6,11	92,80	94,40	97,80	6,25	„	7,20	5.60	2,20
15	6,00	6,12	6,43	90,00	91,87	96,52	6,67	„	10,00	8,13	3.48
14	6,20	6,35	6,78	86,80	88,90	94,93	7,14	„	13,20	11,10	5,07
13	6,40	6,57	7,14	83,20	85,47	92,84	7,69	„	16,80	14,53	7,16
12	6.60	6,80	7,52	79,20	81,60	90,27	8,33	„	20,80	18,40	9,73
11	6.80	7,02	7,92	74,80	77,27	87,12	9,09	„	25,20	22,73	12,88
10	7,00	7,25	8,34	70,00	72,50	83,36	10,00	„	30,00	27,50	16,64
9	7,20	7,47	8,77	64,80	67,27	78,93	11,11	„	35,20	32,73	21,07
8	7,40	7,70	9,22	59,00	61,60	73,79	12,50	„	40,80	38,40	26,21
7	7.60	7,92	9,96	53,20	55,47	67,25	14,29	„	46,80	44,53	32,75
6	7.80	8.15	10,18	46,80	48,90	61,10	16,67	„	53,20	51,10	28,90
5	8,00	8,37	10,69	40,00	41,87	53,45	20,00	„	60,00	58,13	46,55
4	8.20	8,60	11,22	32,80	34,40	44,86	25,00	„	67,20	65,60	55,14
3	8,40	8,82	11,76	25,20	26,47	35,28	33,33	„	74,80	73,53	64,72
2	8,60	9,05	12,32	17,20	18,10	24,64	50,00	„	82,80	81,90	75,36
1	8.80	9,27	12,90	8,80	9,27	12,90	100,00	„	91,20	90,73	87,10
0	9,00	9,50	13,50	0	0	0	∞	„	100,00	100,00	100,00

Proz. mit Strich davor bedeuten Vorteil des Arbeiters gegen Arbeit im Akkord.



c) Lohnsatz 4,00 M.

Bei A-Satz erhöht auf 106,67 M.

Arbeitszeit in Tagen	Tagesverdienst in M. bei System A	B	D	Kosten der Arbeit in M. bei System A	B	D	Bei Akkord Tagesverdienst M.	Kosten M.	Verlust des Arbeiters gegen Arbeit in Akkord in Prozent A	B	D
26²/₃	4,00	3,67		106,67	97,78		3,75	100,00	—6,67	2,22	
26	4,10	3,80		106,60	98,80		3,85	„	—6,60	1,20	
25	4,25	4,00	4,00	106,25	100,00	100,00	4,00	„	—6,25	0	0
24	4,40	4,20	4,17	105,60	100,80	99,99	4,17	„	—5,60	—0,80	0,01
23	4,55	4,40	4,35	104,65	101,20	99,95	4,35	„	—4,65	—1,20	0,05
22	4,70	4,60	4,54	103,40	101,20	99,83	4,54	„	—3,40	—1,20	0,17
21	4,85	4,80	4,74	101,85	100,80	99,59	4,76	„	—1,85	—0,80	0,41
20	5,00	5,00	4,96	100,00	100,00	99,20	5,00	„	0	0	0,80
19	5,15	5,20	5,19	97,85	98,80	98,62	5,26	„	2,15	1,20	1,38
18	5,30	5,40	5,43	95,40	97,20	97,80	5,55	„	4,60	2,80	2,20
17	5,45	5,60	5,69	92,65	95,20	96,72	5,88	„	7,35	4,80	3,28
16	5,60	5,80	5,96	89,60	92,80	95,33	6,25	„	10,40	7,20	4,67
15	5,75	6,00	6,24	86,25	90,00	93,60	6,67	„	13,75	10,00	6,40
14	5,90	6,20	6,53	82,60	86,80	91,48	7,14	„	17,40	13,20	8,52
13	6,05	6,40	6,84	78,65	83,20	88,94	7,69	„	21,35	16,80	11,06
12	6,20	6,60	7,16	74,40	79,20	85,94	8,33	„	25,60	20,80	14,06
11	6,35	6,80	7,49	69,85	74,80	82,44	9,09	„	30,15	25,20	17,56
10	6,50	7,00	7,84	65,00	70,00	78,40	10,00	„	35,00	30,00	21,60
9	6,65	7,20	8,20	59,85	64,80	73,79	11,11	„	40,15	35,20	26,21
8	6,80	7,40	8,57	54,40	59,20	68,56	12,50	„	45,60	40,80	31,44
7	6,95	7,60	8,95	48,65	53,20	62,68	14,29	„	51,35	46,80	37,32
6	7,10	7,80	9,35	42,60	46,80	56,10	16,67	„	57,40	53,20	43,90
5	7,25	8,00	9,76	36,25	40,00	48,80	20,00	„	63,75	60,00	51,20
4	7,40	8,20	10,18	29,60	32,80	40,73	25,00	„	70,40	67,20	59,27
3	7,55	8,40	10,62	22,65	25,20	31,85	33,33	„	77,35	74,80	68,15
2	7,70	8,60	11,07	15,40	17,20	22,13	50,00	„	84,60	82,80	77,87
1	7,85	8,80	11,53	7,85	8,80	11,53	100,00	„	92,15	91,20	88,47
0	8,00	9,00	12,00	0	0	0	∞	„	100,00	100,00	100,00

Prozent mit Strich davor bedeuten Vorteil des Arbeiters gegen Arbeit in Akkord.

d) Lohnsatz 3,50 M.

Bei A-Satz erhöht auf 122,50 M.

Arbeitszeit in Tagen	Tagesverdienst in M. bei System			Kosten der Arbeit in M. bei System			Bei Akkord		Verlust des Arbeiters gegen Arbeit in Akkord in Prozent		
	A	B	D	A	B	D	Tagesverdienst M.	Kosten M.	A.	B.	D.
35	3,50			122,50			2,86	100,00	—22,50		
34	3,60			122,40			2,94	„	—22,40		
33	3,70			122,10			3,03	„	—22,10		
32	3,80			121,60			3,13	„	—21,60		
31	3,90			120,90			3,23	„	—20,90		
30	4,00	3,25		120,00	97,50		3,33	„	—20,00	2,50	
29	4,10	3,42		118,90	99,33		3,45	„	—18,90	0,67	
28	4,20	3,60	3,57	119,60	100,80	99,999	3,57	„	—19,60	—0,80	0
27	4,30	3,76	3,71	116,10	101,92	99,98	3,70	„	—16,10	—1,92	0,02
26	4,40	3,95	3,84	114,40	102,70	99,93	3,85	„	—14,40	—2,70	0,07
25	4,50	4,12	3,99	112,50	103,12	99,81	4,00	„	—12,50	—3,12	0,19
24	4,60	4,30	4,15	110,40	103,16	99,59	4,17	„	—10,40	—3,16	0,41
23	4,70	4,47	4,32	108,10	102,93	99,25	4,35	„	—8,10	—2,93	0,75
22	4,80	4,65	4,49	105,60	102,30	98,78	4,54	„	—5,60	—2,30	1,22
21	4,90	4,82	4,67	102,90	101,32	98,14	4,76	„	—2,90	—1,32	1,86
20	5,00	5,00	4,87	100,00	100,00	97,30	5,00	„	0	0	2,70
19	5,10	5,17	5,07	96,90	98,32	96,24	5,26	„	3,10	1,68	3,76
18	5,20	5,35	5,28	93,60	96,30	94,93	5,55	„	6,20	3,70	5,07
17	5,30	5,52	5,49	90,10	93,92	93,35	5,88	„	9,90	6,08	6,65
16	5,40	5,70	5,72	86,40	91,20	91,48	6,25	„	13,60	8,80	8,54
15	5,50	5,87	5,95	82,50	88,13	89,28	6,67	„	17,50	11,87	10,72
14	5,60	6,05	6,19	78,40	84,70	86,73	7,14	„	21,60	15,30	18,27
13	5,70	6,22	6,45	74,10	80,92	83,91	7,69	„	25,90	19,08	16,09
12	5,80	6,40	6,71	69,60	76,80	80,49	8,33	„	30,40	23,20	19,51
11	5,90	6,57	6,98	64,90	72,32	76,74	9,09	„	35,10	27,68	23,26
10	6,00	6,75	7 25	60,00	67,50	72,53	10,00	„	40,00	32,50	27,47
9	6,10	6,92	7,54	54,90	62,32	67,88	11,11	„	45,10	37,68	32,12
8	6,20	7,10	7,83	49,60	56,80	62,68	12,50	„	50.40	43,20	37,32
7	6,30	7,27	8,14	44,10	50,92	56,96	14,29	„	55,90	49,08	43,04
6	6,40	7,45	8,45	38,40	44,70	50,70	16,67	„	61,60	55,30	49,30
5	6,50	7,62	8,77	32,50	38,12	43,87	20,00	„	67,50	61,88	56,13
4	6,60	7,80	9,10	26,40	31,20	36,39	25,00	„	73,60	68,80	63,61
3	6,70	7,97	9,44	20,10	23,92	28,31	33,33	„	79,90	76,08	71,69
2	6,80	8,15	9,78	13,60	16,30	19,56	50,00	„	86,40	83,70	80,44
1	6,90	8,32	10,14	6,90	8,32	10,14	100,00	„	93,10	91,68	89,86
0	7,00	8,50	10,50	0	0	0	∞	„	100,00	100,00	100,00

Prozent mit Strich davor bedeuten Vorteil des Arbeiters gegen Arbeit in Akkord.



e) Lohnsatz 3,00 M.

Bei A-Satz erhöht auf 180 M.
„ A+D „ „ „ 110 M.

Arbeitszeit in Tagen	Tagesverdienst in M. bei System A	B	D	A+D	Kosten der Arbeit in M. bei System A	B	D	A+D	Akkord	Minderverdienst A	B	D	A+D
60	3.00				180,00				100,00	−80,00			
58	3,10				179.80				„	−79,80			
56	3,20				179,20				„	−79,20			
54	3,30				178,20				„	−78,20			
52	3,40				176.80				„	−76.80			
50	3,50				175,00				„	−75,00			
48	3.60				172,80				„	−72,80			
46	3,70				170,20				„	−70,20			
44	3,80				167,20				„	−67,20			
42	3,90				163,80				„	−63,80			
40	4.00				160,00				„	−60,00			
38	4,10				155,80				„	−55,80			
36	4,20			3,05	151,20			109,99	„	−51.20			−9,99
34	4,30	2,90		3,23	146,20	98,60		109,98	„	−46.20	1,40		−9,98
32	4,40	3,20	3,12	3,43	140,80	102,40	99,99	109,76	„	−40.80	−2,40	0,01	−9,76
30	4,50	3,50	3,33	3,64	135,00	105,00	99.90	109,35	„	−35.00	−5,00	0,10	−9,35
28	4,60	3,80	3,56	3.88	128,80	106,40	99,59	108,53	„	−28,80	−6,40	0,41	−8,53
26	4,70	4,10	3,80	4.13	122,20	106.60	98,94	107,30	„	−22,20	−6,60	1.06	−7.30
24	4,80	4,40	4,07	4,39	115,20	105,60	97.80	105,41	„	−15,20	−5,60	2.20	−5.41
22	4,90	4,70	4,37	4,68	107,80	103,40	96.07	102,96	„	− 7.80	−3,40	3.93	−2.96
20	5,00	5,00	4,68	4,99	100,00	100,00	93,60	99,69	„	—	—	6.40	0,31
18	5,10	5,30	5,01	5,30	91,80	95,40	90,27	94.88	„	8.20	4,60	9,73	5,12
16	5,20	5,60	5.37	5,65	83,20	89,60	85,95	90,33	„	16,80	10,40	14,05	9,67
14	5,30	5,90	5,75	6,00	74,20	82,60	80,49	84,00	„	25,80	17,40	19,51	16,00
12	5,40	6,20	6.14	6,38	64,80	74,40	73,79	76,53	„	35,20	25.60	26,21	23,47
10	5,50	6,50	6,57	6,77	55.00	65,00	65,70	67,67	„	45,00	35,00	34,30	22.33
8	5.60	6,80	7,01	7,18	44.80	54,40	56.10	57.44	„	55.20	45,60	43,90	42,56
6	5,70	7,10	7,48	7,60	34.20	42,60	44,86	45,62	„	65.80	57,40	55,14	54,38
4	5,80	7,40	7,96	8,05	23,20	29,60	31,85	32,22	„	76.80	70,40	68,15	67,72
2	5,90	7,70	8,47	8.51	11,80	15,40	16,94	17,03	„	88,20	84.60	83,06	82,97
0	6,00	8,00	9,00	9,00	0	0	0	0	„	100.00	100.00	100,00	100,00

Prozent mit Strich davor bedeuten Vorteil des Arbeiters gegen Arbeit in Akkord.



Grundsätze für die Wahl des Systems.

Von den vorher geschilderten Systemen ist als überall anwendbar keines zu empfehlen. Selbstverständlich darf ein in sich abgeschlossener Betrieb nur ein überall gültiges System wählen. Für diese Wahl nun müssen folgende Erwägungen ausschlaggebend sein.

1. Die einmal festgesetzten Anschläge dürfen in Zukunft nur ganz ausnahmsweise, am besten überhaupt nicht herabgesetzt werden.

2. Die Arbeiter müssen bei der Einführung im Durchschnitt bei gleicher Anstrengung den gleichen Verdienst erzielen, wie vorher. Es muß also ein großer Unterschied gemacht werden zwischen Werken, in denen hauptsächlich schon jetzt nach festen Preisen gearbeitet wird und solchen, in denen Akkorde von Fall zu Fall festgesetzt werden, in denen also einmal leicht Verschätzungen eintreten können und bei denen es sich andererseits darum handelt, Arbeiten, die etwas verschieden sind, doch unter einen Anschlag zusammenzufassen.

In den letztgenannten Werken ist System A oder höchstens B zu empfehlen, weil hierbei allerdings der Ansporn nicht ganz so groß ist wie bei D, dafür aber auch die Verschätzungen sich in weitestem Maße ausgleichen.

Dort aber, wo bereits festbestimmte Akkorde vorhanden sind, muß der Ansporn möglichst groß sein. Dort kann System D eingreifen.

Diskussion.

Herr Geheimer Marine-Baurat Wiesinger-Danzig:

Der Begriff „Arbeitsausführung in steigendem Zeitlohn“ ist eine Umschreibung der bekannteren Bezeichnung „Zeitprämie“, durch welchen die Bedeutung des „Stundenlohnes“ noch deutlicher in den Vordergrund geschoben werden soll wie in letzterer.

Es empfiehlt sich daher wohl, zum Zwecke der Beurteilung dieses Lohnsystems, auf die Ursachen zurückzugehen, die zur Einführung desselben veranlaßten. Wie ich schon in meinem vorjährigen Vortrage über den Wert der Lohnformen andeutete, beabsichtigte man dadurch, daß der Begriff des Zeitlohnes vorangestellt wurde, den amerikanischen Gewerkvereinen in der Bekämpfung ihres Widerstandes gegen den Stücklohn und ihrer Forderung nach reinem Zeitlohne seitens der Arbeitgeber anscheinend ein Zugeständnis zu machen, das durch Erhöhung des Zeitlohnes in der Form der Zeitprämie noch schmackhafter gemacht wurde.

Die Arbeitervereine gaben sich scheinbar mit dieser Lösung des Konfliktes zufrieden, da sie die Unmöglichkeit einsahen, ihre Forderungen durchzusetzen.



Beiden, den Arbeitgebern sowohl wie den Gewerkschaften war zweifellos klar, daß die Zeitprämie nur eine andere Form des Stücklohnes sei, aber das schöne Äußere führte zum Frieden. Ob das beiderseitige Verhalten so ganz moralisch und einwandfrei war, möge dahingestellt bleiben.

Nachdem aber die Zeitprämie vielfach eingeführt worden ist, und immer erneute Vorstöße für ihre Verbreitung in gewerblichen Betrieben gemacht werden, lohnt es sich doch, der Frage näher zu treten, ob diese Lohnform denn für unsere Betriebe notwendig und zweckmäßig sei.

Und da möchte ich zunächst die Notwendigkeit ablehnen. Abgesehen von wenigen Ausnahmen ist unser deutscher Arbeiter kein Gegner des Stücklohnes. Er akzeptiert die Akkordarbeit in den meisten Fällen gerne, weil sie ihm Gelegenheit zu einem Mehrverdienst gibt, der ihm ohne Abzug ausgehändigt wird. Wir sind also nicht in der Zwangslage, in der die Amerikaner sich befanden.

Ebenso möchte ich bezweifeln, daß die Einführung der Zeitprämie in unseren Betrieben zweckmäßig sei.

Ihre Verteidiger rühmen ihr zwar ganz besondere Vorzüge nach, indessen läßt sich doch sehr über diese streiten.

Zunächst sollen etwaige Fehler in der Bewertung der Arbeiten weniger schwer wiegen wie bei reinem Stücklohne, weil der Arbeiter nur einen Teil der von ihm ersparten Zeit oder des Lohnes als Prämie erhält. Das Zeitprämiensystem soll sogar zulassen, daß für Arbeiten, deren Wert bedeutend von einander abweicht, der gleiche Akkordsatz gewährt werden kann, ohne daß der Arbeitgeber erhebliche Gefahr läuft, besonders geschädigt zu werden. Als Beweis dafür bringt der Herr Vortragende auf S. 195 eine Zusammenstellung der Tagesverdienste und der Kosten der Arbeiten für Stücke, deren Wert zwischen 100 und 20 M. liegt. Und wenn man die nackten Zahlen betrachtet, hat er nicht ganz Unrecht. Aber sie sind nur richtig, wenn angenommen wird, daß die Arbeiter in den verschiedenen Fällen gleich intensiv gearbeitet haben. Ich möchte die Sachlage doch von etwas anderer Seite ansehen.

Nehmen wir den letzten Fall, in dem eine Arbeit von 20 M. wirklichen Wert dem Arbeiter für einen Akkordsatz von 120 M. übertragen wird, so ist der Arbeiter, der diesen unglaublichen Unterschied nicht sofort klar erkennt, entweder so wenig intelligent, daß dieser Geisteskraft auch seine Leistungen entsprechen werden. Und der von ihm verarbeitete Vorschuß wird daher einschließlich der Prämie, die auch dem ungeschicktesten Arbeiter nicht entgehen kann, den Wert der Arbeit erheblich übersteigen. Oder der Arbeiter ist intelligent genug, die Sachlage sofort zu erkennen, und dann erscheint es mir sicher, daß er sich keine besondere Mühe geben wird, auf den minimalen Wert der Arbeit von 20 M. hin zu arbeiten, wodurch er allerdings etwa 90 % überverdienen könnte, sondern er wird sich mit weniger begnügen. Selbst wenn er nicht geradezu unverantwortlich fleißig ist, wird er seinen Überverdienst leicht auf 66 % steigern können und dann zahlt der Arbeitgeber für eine Arbeit, die 20 M. wert ist, 70 M.

Wenn daher die Anhänger der Zeitprämie in dieser Dehnbarkeit der Akkordsätze einen Vorzug derselben finden, so sehe ich darin eine geradezu sträfliche Verleitung zu fahrlässiger Bewertung der Arbeiten.

Aber selbst wenn in der Abschätzung der Arbeiten gewissenhaft verfahren wird, so läßt es doch etwaige Fehler nicht so klar erkennen wie die Arbeitsausführung im reinen Stücklohne.

Es erscheint mir deshalb sehr zweifelhaft, ob es richtig sei, mit einem System zu arbeiten, das Fehler vertuscht und verwischt.

Fehler sollen und müssen, wo sie vorhanden sind, erkannt und beseitigt werden, weil unter ihrer Vertuschung die Erziehung des Beamten- und Arbeiterpersonals leidet, was viel schlimmer ist, wie ein gelegentlicher Fehlgriff in der Bewertung von Arbeiten.



Die Anhänger der Zeitprämie rühmen als Vorteil, daß selbst eine Verbesserung der Arbeitsmethode eine Herabsetzung des gewährten Preises für die Arbeit nicht bedingt.

In diesem Tun wird, rein theoretisch betrachtet, ein Fehler in die Kalkulation hineingebracht, denn nach meiner Ansicht muß jeder Arbeitgeber die Konsequenzen aus den Verbesserungen seiner Werkstattseinrichtungen ziehen.

Kein verständiger Arbeiter, und das sind gottlob doch die meisten, wird sich der Erkenntnis verschließen, daß eine außerhalb seiner eigenen Leistung liegende Verbilligung der Arbeit sich in einer Herabsetzung des ihm bis dahin für seine Leistung gewährten Lohnes äußern müsse.

Der Arbeiter würde, wenn der Preis nicht herabgesetzt wird, bei gleicher Anstrengung wie vorher, in solchem Falle höheren Verdienst erzielen, den ihm seine Mitarbeiter, die unter alten Verhältnissen weiterarbeiten müssen, beneiden würden. Das System würde zu einer Quelle der Unzufriedenheit und des Neides unter den Arbeitern werden.

Ganz eigenartig erscheint die Einführung der Zeitprämie in Betrieben, in denen sie den bisherigen Stücklohn ersetzen soll. Hier soll nach den Ausführungen des Vortrages festgehalten werden, daß der Arbeiter nicht weniger verdiene wie bisher. Weil aber nach dem Prämiensystem der Arbeitgeber auch einen Teil der Ersparnis für sich beansprucht, so muß zu dem wundervollen Mittel gegriffen werden, einen neuen Akkordsatz zu fingieren, der für ihn den entsprechenden Prämienanteil übrig läßt. Der Arbeiter hat also keinen Vorteil und der Arbeitgeber steckt einen Verdienst in die Tasche, der im Vergleich zu dem früheren Stücklohnpreise in Wirklichkeit nicht vorhanden ist.

Das ist doch mindestens etwas sonderbar! Dafür setzte er sich aber der Gefahr aus, daß unter Umständen die früher gezahlten Gestehungskosten zu seinem Schaden höher werden.

Die nach meiner persönlichen Auffassung gegenüber vorstehend erwähnten, vermeintlichen Vorzüge, stehen aber direkte Mängel des Systems gegenüber, die mich allein bestimmen würden, mich demselben nicht zuzuwenden.

Denn erstens hat der Arbeitgeber zum Nachteile des Arbeiters ein hohes Interesse daran, möglichst geringe Stundenlöhne zu zahlen, weil ganz gleichgültig, nach welchem System der Prämienanteil des Arbeiters berechnet wird, mit dem Stundenlohn die Kosten der Arbeit sinken.

Ferner erzielt der Stücklohnarbeiter, wenn er die durch den Akkordsatz gewährte Summe aufarbeitet nur seinen Tagelohn, der Zeitprämienarbeiter, für den der Wert der gleichen Arbeit erhöht werden muß, erzielt bei gleicher Leistung immer noch eine Prämie über seinen Stundenlohn hinaus, das System gestaltet sich also zu einer Prämiierung für den faulen Arbeiter.

Einen Nachteil haben aber alle im Vortrage besprochenen Systeme mit Ausnahme des Systems D, nämlich den, daß die Tagesverdienste in einer geraden Linie steigen, daß also mit anderen Worten der Arbeiter für die ersten leicht zu erzielenden Überschüsse den gleichen Anteil erhält, wie für den letzten wesentlich schwerer zu erreichenden Teil der Zeit oder Lohnersparnis.

Ich will mich auf eine Besprechung der einzelnen Systeme mit Ausnahme des mit D bezeichneten, auf das ich zum Schluß zurückkomme, nicht weiter einlassen. Nur eins möchte ich noch allgemein bemängeln, daß in allen Erörterungen über die Zeitprämiensysteme, auch in dem eben gehörten Vortrage, die Zahlentafeln und Kurven über einen solchen Umfang ersparter Zeiten oder Kosten ausgedehnt werden, daß die Werte für die verbrauchten Zeiten bis auf Null herunter errechnet werden.

Nach meiner Ansicht sind die Arbeiter berechtigter, dem Prämiensystem zu widerstreben wie dem Stücklohn, und daß ersteres zu erwarten ist, zeigt die durch die Zeitschriften bekannt gewordene Stellungnahme der englischen Gewerkschaften.



Das mag theoretisch berechtigt sein, für das Urteil über den praktischen Wert der Systeme ist das aber irreführend.

Es dürfte wohl ausgeschlossen sein, daß eine Arbeit, die beispielsweise auf 10 Tage veranschlagt ist, in nur einem Tage erledigt werden kann.

Solche Tafel zeigt dann, wie bei dem System Halsez, unerreichbare Stundenlöhne und ebenso unerreichbar niedrige Kosten der Arbeit.

Sollte wirklich einmal dieser Fall eintreten, so scheint mir die Fahrlässigkeit, mit der die Arbeit bewertet wurde, noch ungeheuerlicher wie der erzielte Stundenlohn.

War man aber so leichtfertig in der Bewertung der Arbeit, oder sollte wirklich einmal ein Arbeiter sich so sehr als Zauberkünstler zeigen, daß er eine auf 10 Tage bewertete Arbeitsleistung in einem Tage erledigt, so könnte man ihm auch ohne Gewissensbisse den erzielten Stundenlohn zugestehen, da der Arbeitgeber sich ja nach Ausweis der Tafel nicht schlecht dabei steht.

Bei allen übrigen Systemen ist der Prämienanteil des Arbeiters so bemessen, daß er höchstens das doppelte seines Tagelohnes erreichen kann. Auch hierin sehe ich eine Ungerechtigkeit gegen den Arbeiter, der für eine zehnfache Leistung nur doppelt gelöhnt werden soll, und das auch nur in einem Falle, der praktisch unmöglich ist.

Das System D steigert diesen Höchstverdienst wenigstens auf den dreifachen Lohn und versucht die Härte und Ungerechtigkeit der übrigen Systeme zu mildern, die in der gleichmäßigen Steigerung der Prämienanteile liegt, durch einen mit der Zunahme der ersparten Löhne wachsenden Anteil. Aber trotz alledem kann ich mich auch mit diesem System nicht befreunden.

Wenn wir es uns etwas genauer betrachten, so finden wir zunächst, daß der Kostenanschlag sich mit dem bei einem Stücklohn gewährten Akkordsatze deckt. Das heißt, es muß bei diesem System ebenso sorgfältig und sicher veranschlagt werden wie bei reinem Stücklohn, denn in den praktisch annehmbaren Grenzen versagt bei System D der den anderen Systemen nachgewiesene Vorteil der Dehnbarkeit der Sätze.

Ziehen wir nämlich durch die Tafel auf S. 212 einen Strich unter die Zahl 13 der Arbeitstage, also bei der Grenze, bei der der Stücklohnarbeiter noch etwas über 50% verdient hat, was bei gut bewerteten Arbeiten wohl fast immer als Grenze für den Überverdienst anzusehen ist, so finden wir bei den Zahlen nach oben, daß sich Tagesverdienste und Kosten der Arbeit bei der Anwendung des Systems D von reiner Stücklohnarbeit außerordentlich wenig unterscheiden.

Und da kann man sich wohl mit Recht die Frage vorlegen, wozu denn diese komplizierte Verrechnungsmethode, die den Arbeiter, wenn auch nur in geringen Grenzen benachteiligt, vor allen Dingen ihn aber mißtrauisch macht.

Ich finde, um mich kurz zu fassen, daß die verschiedenen Prämiensysteme sich einander so ähnlich sehen wie ein faules Ei dem anderen, ich sage „faules Ei“ deshalb, weil sie sämtlich faul sind und sich nur in dem Grade der Fäulnis von einander unterscheiden, und wenn ich die Wahl habe, so ziehe ich sämtlichen Prämiensystemen den reinen Stücklohn trotz aller ihm anhaftenden Mängel vor. Bemühen wir uns, die mit der Bewertung der Arbeiten zu betrauenden Personen zur Gewissenhaftigkeit anzuleiten, dann finden Arbeiter und Arbeitgeber sicherer eine Befriedigung ihrer berechtigten Ansprüche wie bei irgend einem noch so fein ausgedachten und künstlich aufgebauten Prämiensystem.

Herr Geheimer Admiralitätsrat Harms-Berlin (Gast):

Als ich voriges Jahr die Ehre hatte, von dieser Stelle aus einige Worte über Lohnsysteme an Sie zu richten, sprach ich meine Freude darüber aus, daß diese wichtige Frage überhaupt besprochen werde, und knüpfte daran die Hoffnung und die Erwartung,



daß, da sie einmal aufgeworfen sei, sie sobald nicht von der Tagesordnung dieser bedeutenden Versammlung verschwinden werde. Diese Hoffnung hat sich rascher und vollständiger erfüllt, als ich damals annehmen konnte, und ich kann auch heute nur wieder sagen, wie außerordentlich dankbar ich dafür bin, daß dieses Thema von der Leitung der hohen Versammlung in diesem Jahre wiederum zum Gegenstande der Beratung gemacht worden ist, ein Beweis, daß doch auch eben diese Leitung anerkennt, wie außerordentlich wichtig diese Frage ist.

Wenn man nun die Ausführungen des Herrn Referenten und des Herrn Vorredners gehört hat, so wird man mir, glaube ich, zugeben dürfen, daß auch in den Kreisen dieser Versammlung die Ansichten über die Bewertung der Lohnsysteme bei einzelnen derselben recht auseinandergehen können. Ich glaube aber auf der anderen Seite, daß es doch sehr wichtig sein wird, daß sich diese auseinandergehenden Richtungen und Ansichten auf einer mittleren Linie im Laufe der Zeit einigen, denn daß weder die Prämienlohnsysteme gewissermaßen die Auffindung des Steines der Weisen bedeutet, noch daß sie alle geradezu schädlich sind, ich glaube, das steht einigermaßen jetzt schon fest.

Ich möchte mir erlauben, ganz kurz darauf hinzuweisen, auf welche Weise das Reichs-Marine-Amt überhaupt dazu gekommen ist, einen Versuch mit einem Prämiensystem an einer Stelle, in einem Ressort einer der ihm unterstellten Kaiserlichen Werften zu unternehmen. Der Grund, weshalb eigentlich das geschehen ist, ist meines Erachtens noch nicht genügend betont worden. Wir haben ein Zeitlohnsystem auf der einen Seite, welches sozusagen mathematisch ist: Der Mann bekommt Lohn nach Maßgabe der Zeit die er gearbeitet hat, die bei der Arbeit zugebrachte Zeit wird ihm bezahlt. Was er in der Zeit leisten wird, das wissen wir nicht, die Zeit, die er arbeitet, wird bezahlt, das ist genau festzustellen. Auf der anderen Seite haben wir das Akkordsystem, darin wird die Leistung des Arbeiters bezahlt. Leistet der Mann die normale Arbeitsmenge, bekommt er einfachen Lohn, leistet er das Doppelte an Arbeitsmenge, bekommt er den doppelten Lohn und sofort. Es ist ohne weiteres erkennbar und bedarf keines weiteren Nachweises, daß das Akkordsystem überall da, wo es anwendbar ist, das denkbar beste Lohnsystem ist, und daß es durch kein anderes Lohnsystem jemals übertroffen werden kann. Aber es bleibt bestehen, daß es tatsächlich eine ganze Reihe von Arbeiten gibt, bei denen es sich mehr oder weniger schlecht einführen und durchführen läßt, und da ist allerdings die Frage gerechtfertigt: Sind für solche Arbeiten, bei denen wir das Akkordsystem nicht gut anwenden können, mit dem Akkordsystem nicht Nachteile verknüpft, die seine Vorteile schließlich in ihr Gegenteil verkehren? Und das ist der Fall. Die Voraussetzung jedes vernünftigen Akkordabschlusses ist, daß die Zeit, in welcher die Arbeit ausgeführt werden kann, genau abgeschätzt werden kann. Je genauer die Arbeit abgeschätzt werden kann, um so besser arbeitet das Akkordlohnsystem; je weniger genau sie sich aber abschätzen läßt, umso weniger gut arbeitet das Akkordlohnsystem, ja schließlich wirkt es widersinnig.

Zwischen dem Zeitlohnsystem einerseits und dem Akkordlohnsystem anderseits besteht also eine Lücke für solche Arbeiten, die man nicht gern in Zeitlohn ausführen läßt, und die sich wegen der schlechten Abschätzarbeit nicht gut in Akkord vergeben lassen.

In diese Lücke springen die Prämiensysteme ein, mögen sie nun heißen wie sie wollen, mögen sie gestaltet sein, wie sie wollen. Während wir bei dem Zeitlohnsystem die absolute Zeit haben als absoluten Faktor, bei dem Akkordlohnsystem die verbrauchte Zeit, die den Maßstab der Leistung des Mannes gibt, fügen wir bei den Prämiensystemen irgend eine andere Größe ein, in dem Falle des Rovan-Systems die veranschlagte Zeit, und es gibt in der Tat eine ganze Reihe von Arbeitsausführungen, wo ein Prämiensystem, gleichviel welches, sehr wohl gebraucht werden kann. Darüber ist man sich mittlerweile im Reichs-Marine-Amte ziemlich einig geworden, daß wir neben dem Zeitlohnsystem und neben dem



Akkordlohnsystem noch ein drittes Lohnsystem, ein Prämiensystem irgend einer Art haben müssen, weil wir sonst nicht wirtschaftlich arbeiten.

Die Frage, wie weit man ein Prämiensystem ausdehnen kann und will, und wie es zu gestalten ist, ist eine außerordentlich schwierige und eine Frage, deren Lösung man, günstigsten Falls angefangen hat näher zu treten; ich glaube, das ist vorsichtig genug.

Ein Teil der widersprechenden Ansichten, die heute hier zutage getreten sind, würde, glaube ich, weniger scharf in die Erscheinung getreten sein, wenn sowohl bei den Versuchen die in Wilhelmshaven gemacht sind, wie auch bei dem Vortrage, den der Herr Referent gehalten hat, der Ausgangspunkt nicht gewesen wäre, gewissermaßen der Übergang vom Akkordsystem zu einem Prämiensystem, sondern, wie es einzig und allein richtig ist, vom Zeitlohnsystem zu einem Prämiensystem, denn der Übergang vom Akkordlohnsystem zum Prämiensystem ist gewissermaßen ein Rückschritt, vom Zeitlohnsystem zum Prämiensystem ist ein Fortschritt. Sehr interessant sind nach dieser Richtung hin auch die Resultate, die mit dem Rovan-System und ähnlichen in England gerade jetzt gewonnen sind. In England ist das Rovan-System augenblicklich sozusagen geradezu modern im guten oder weniger guten Sinne des Wortes; man findet es überall. Aber warum? Das Reichs-Marine-Amt hatte einen Delegierten nach England geschickt, um die Frage dort zu prüfen, und wir hatten gehofft, daß er heute würde hier sein können. Das ist leider nicht der Fall. Die Berichte des Herrn Professor Bernhard liegen auch noch nicht vor; ich kann daher nur einige Äußerungen wiederholen, die uns vorläufig mündlich übermittelt worden sind.

In England ist eine Folge des großen Maschinenbauerstreiks gewesen, daß die Akkordarbeit in ziemlich weitem Umfange abgeschafft wurde. Nun hat man sich aber in England davon überzeugt, daß eine Exportindustrie ohne Akkordarbeit nicht existieren kann, und infolgedessen hat man nun versucht: Wie kommen wir wieder zu einem Leistungslohnsystem zurück, und da hat man sich auf dieses Rovan-Zeitprämiensystem geeinigt, und zwar der Arbeiterführer Burne genau so gut wie die Leiter der großen Werke. Das ist der Hergang der Sache in England gewesen, und nun hat auch die englische Admiralität schon im März dieses Jahres dieses System in ihren Werkstätten überall eingeführt. Wie weit ist aber in Wirklichkeit die Sache gediehen? In Portsmouth arbeiten 10000 Mann, und unser Herr Kommissar hat festgestellt, daß in Portsmouth nur 30 Mann nach diesem System arbeiten. In Chattam arbeiten etwa 10000, und unser Gewährsmann hat festgestellt, daß dort zwei Herren einander gegenüberstehen, die man bei uns etwa Ressortdirektoren nennen würde, der Chiefconstructor und der Chiefengineer. Der eine Herr, ich weiß nicht welcher, ist gegen das System sehr eingenommen, er hat die Gelegenheit dieser Admiralitätsverfügung benutzt, um das Akkordsystem möglichst auszubauen und zu renovieren, was scheinbar recht zeitgemäß war. Der andere Herr dagegen ist ein ausgesprochener Anhänger dieses Prämienlohnsystems und hat es dazu gebracht, daß bis jetzt 100 Mann nach diesem System arbeiten. Es ist aber bezeichnend, auch bezeichnend für das Maß von Zentralisation in England, daß gerade zu der Zeit, als unser Gewährsmann in Chattam war, zum erstenmale der Fall vorkam, daß zwei Leute nach dem Prämiensystem an einem Arbeitsstück arbeiteten, und da wurde an die englische Admiralität berichtet: Das hätten sie gemacht, die englische Admiralität möchte sagen, wie der Prämienverdienst auf diese beiden Leute verteilt werden solle. Die Antwort auf diese Frage war noch nicht eingetroffen, wie unser Gewährsmann abreiste. Diese Vorgänge zeigen, wie vorsichtig man in England vorgeht.

Ich möchte meine Bemerkungen hiermit schließen und nur nochmals die Bitte an alle richten, die es angeht, und das sind eigentlich wohl alle, die hier im Saale zugegen sind, der Frage zweckmäßiger Lohnsysteme doch etwas mehr Aufmerksamkeit zuzuwenden, als wie es bisher in Deutschland scheinbar geschehen ist. Es ist bezeichnend, meine Herren, daß von dem grundlegenden Buch von David Schloß „Methods of industrial remuneration,"



— es ist das beste Buch, das über diese Fragen existiert — es Übersetzungen gibt in allen Kultursprachen, nur nicht ins Deutsche. Es ist das doch ein Zeichen dafür, daß man diesen Fragen, die doch eine recht grosse Bedeutung haben, bei uns noch nicht diejenige Aufmerksamkeit zuwendet, die sie in der Tat verdienen, und zwar nach jeder Richtung hin, sowohl für die Arbeitgeber wie für die Arbeitnehmer. Wenn diese Fragen gut geregelt werden, so kann eine ganze Masse Zündstoff, der sich sonst zwischen diesen beiden großen Faktoren des Wirtschaftslebens leicht anhäuft, beseitigt werden.

Herr Marine-Ober-Baurat Flach-Stettin:

Wir haben, glaube ich, bis jetzt noch garnicht die Notwendigkeit, zu Mitteln zu greifen, zu denen wir nicht gezwungen sind. Unsere Leute arbeiten im Akkord, und das Akkordsystem, das wir bis jetzt haben, ist ganz entschieden allen anderen bei weitem vorzuziehen. Meine Herren! Vom Akkordsystem muß man dreierlei verlangen: erstens muß dasselbe die Arbeitszeit verkürzen, es muß durch dasselbe ein Zeitgewinn eintreten, ganz abgesehen vom Geldgewinn, denn nur der Zeitgewinn kann es einer Werft ermöglichen, daß sie ordentlich konkurriert.

Das zweite, was wir von dem Akkordsystem verlangen müssen, ist, daß wir durch dasselbe unsere Arbeiter ausbilden, daß wir den einzelnen Mann zwingen seine Handgeschicklichkeit und die Ausnutzung der Arbeitsmaschinen etc. so weit zu treiben, wie es irgend in menschlicher Möglichkeit liegt. Nur dann wird das Anlagekapital voll ausgenutzt, nur dann kann die Werft auf dem Weltmarkt konkurrieren und dem Arbeiter selbst einen genügenden Verdienst bieten.

Das dritte was von einem Akkordsystem unbedingt verlangt werden muß, ist, daß der Preis der fertigen Arbeit ein bestimmter sei und nicht von dem guten Willen des jeweiligen Arbeiters abhängen darf. Dieses ist das Grunderfordernis um für eine bestimmte Neufertigung oder eine Reparatur ein festes Angebot abgeben zu können, das von dem Besteller stets verlangt wird. Dieses, meine Herren, hat nicht nur für Privatwerften, sondern auch für die Staatswerften seine Gültigkeit. Der Betriebsleiter muß, wenn er die dem Anschlage zu Grunde gelegten Akkorde einsetzt, die Gewißheit haben, daß das Arbeitsstück auch nicht einen Pfennig mehr in Lohn kostet, als er in seinem Anschlage angenommen hat.

Alle diese Systeme, von denen wir hier gehört haben, erfüllen diese drei Anforderungen aber nicht.

Ich habe hier zwei kleine Tabellen zusammengestellt, die dieses zu Genüge erweisen.

Stundenlohn 0,50 M. Arbeitsstück eingeschätzt zu 12 M., also zu 24 Arbeitsstunden:

Tabelle I.

	Das Arbeitsstück kostet an Zeit und Geld											
	im Stückakkord						im steigenden Zeitlohn					
	Fleiß 33 1/3 %		Fleiß 26 %		Fleiß 16.6 %		Fleiß 33 1/3 %		Fleiß 26 %		Fleiß 16,6 %	
	Mark	Std.	Mark	Std.	Mark	Std.	Mark	Std.	Mark	Std.	Mark	Std.
Gesamtlohn bei richtiger Schätzung	12,00	16	12,00	18	12,00	20	11,52	16	12,33	18	13,00	20
Tagesverdienst der Arbeit bei richtiger Schätzung	7,50	—	6,66	—	6,00	—	7,20	—	6,85	—	6,50	—
Akkordüberschuß in % bei richtiger Schätzung	50 %	—	33,3 %	—	20 %	—	44 %	—	37 %	—	30 %	—

Tabelle II.

Wenn der Arbeiter nur 6,50 M. pro Tag, also 30% Akkordüberschuß verdienen will, muß er an dem Stück arbeiten wieviel Tage und wieviel kostet das Stück?

	im Stückakkord			im steigenden Zeitlohn			
	Stundenzahl	Gesamtlohn f. d. Stück	Mehrkosten des Stückes über Stundenlohn	Stundenlohn	Gesamtlohn f. d. Stück	Mehrkosten f. d. Stück über Stundenlohn	Mehr % über Stückakkord
		Mark	%		Mark	%	
bei richtiger Schatzung	18.4	12.00	0%	20	13.00	8,3%	8,3%
bei 16.6% zu hoher Schätzung . .	21.5	14,00	16.6%	23,3	15.15	26.2%	9,6%
bei 50% zu hoher Schätzung . . .	27.7	18.00	50%	30	19.50	62.5%	12.5%

Also, gesetzt den Fall, der Akkord ist richtig eingeschätzt, dann verdient der Mann in unserem alten Akkord, wenn er 16 statt 24 Stunden arbeitet, 50%. Das, meine Herren, ist kaum möglich, denn eine Arbeit, die richtig auf 24 Stunden eingeschätzt ist, kann der Mann nicht in 16 Stunden fertigstellen, er wird dazu nach meiner Schätzung durchschnittlich mindestens 18 Stunden verbrauchen und verdient dann 33.3%. Gesetzt nun den Fall, er besitzt wirklich eine so große Handgeschicklichkeit und eine so große Arbeitskraft, daß er in 16 Stunden fertig werden kann, dann verdient er nach dem alten Akkordsystem 50%, nach dem neuen in Vorschlag gebrachten, aber nur 44%. Bei 18stündiger Arbeitsdauer verdient er nach dem alten Akkordsystem 33,3%, nach dem neuen aber bereits 37%. Bei mittelmäßigem Fleiß und durchschnittlicher Geschicklichkeit, also bei den angenommenen 20 Stunden Arbeitsdauer, verdient er nach dem alten System 20%, nach dem neuen System 30%. Es ist somit klar einzusehen, daß der Arbeiter, der nach dem neuen System arbeitet, sich über den mittelmäßigen Fleiß nicht erheben, sondern mit den 30% Verdienst zufriedengestellt sein wird. — Die beiden ersten Bedingungen eines Akkordsystems werden somit durch das vorgeschlagene Akkordsystem nicht erfüllt.

Jetzt, meine Herren, kommen wir zu dem dritten Punkte. Gesetzt den Fall, der Mann will nur 6,50 Mk. pro Tag verdienen, er will nicht höher hinausgehen, um sich zu schonen etc. Der Arbeitgeber hat kein Mittel, um ihn zu einer schärferen Arbeit zu zwingen. Der Verdienst mit 30% ist auch noch immer hoch genug. Der Mann gebraucht unter dieser Voraussetzung laut Tabelle II nach dem alten Akkordsystem zu der Arbeit 18,4 Stunden, nach dem neuen 20 Stunden. Das ganze Arbeitsstück kostet nach dem alten 12,00 M., nach dem neuen 13,00 Mk., also 8,3% mehr, als in dem Anschlage vorgesehen war. Wohin soll das führen, wenn durch die Art des Akkordsystems bei vollständig richtiger Schätzung der Akkordhöhe dem Arbeitgeber 8,3% der gesamten Kosten einer großen Arbeit, also beinahe der Gesamtverdienst der ganzen Werft, verloren gehen soll, ohne daß irgend Jemand, auch nicht der Arbeiter, einen Vorteil davon hat?

Noch schlimmer stellt sich das Bild, wenn der Akkord von Anfang an etwas zu hoch eingeschätzt ist.

Nehmen wir z. B. 16,6% zu hohe Schätzung an, dann arbeitet der Arbeiter an dem Stücke nach dem alten System 21,5 Stunden, nach dem neuen 23.3 Stunden und das Arbeitsstück kostet 14,00 Mk. bezw. 15,15 Mk. Das Werk hat wegen zu hoher Schätzung, wenn es nach dem alten Akkordsystem arbeitet, mithin nur die 16,6% verloren, um die es sich ver-



schätzt hat. Arbeitet es nach dem neuen System, so hat es außer der Zeit durch dieses System 26,2 % Arbeitslohn verloren, also 9,6 % mehr als bei dem alten System.

Ich habe noch den abnormen Fall ausgerechnet, wenn der Akkord um 50 % zu hoch eingeschätzt ist und auch hierbei finden wir, daß nach dem neuen Akkordsystem das Arbeitsstück sogar 12,5 % mehr kostet, als nach dem alten. Das neue Akkordsystem schützt also auch bei falsch angesetzten Akkorden den Arbeitgeber nicht vor Verlusten, sondern im Gegenteil, es macht den Verlust unter Umständen noch größer.

Also, meine Herren, ich kann nur sagen, bleiben wir beim Alten, solange wir beim Alten bleiben können; denn das Alte kennen wir und wissen ganz genau, was wir und die Arbeiter für einen Vorteil von ihm haben. Das neue führt in allen Fällen, sobald wir die Rechnung nur wenig anders anstellen, als sie der Aufsteller des Systems sich gedacht hat, zu sehr vielen Unannehmlichkeiten, zu sehr unangenehmen Überraschungen.

Ich kann also nur nochmals sagen, bleiben wir beim Alten, aber lernen wir ordentlich Akkorde berechnen, auch bei Reparaturen.

Herr Marine-Baumeister Strache-Wilhelmshaven (Schlußwort):

Ich muß zunächst auf die Worte des Herrn Ober-Baurat Flach eingehen. Ich weiß nicht, aus welchen Tabellen der Herr Ober-Baurat diese Rechnungen genommen hat. Jedenfalls ist die Rechnung, die der Herr Ober-Baurat uns hier angeführt hat, nicht richtig. Ich möchte bitten, daß vielleicht nachher die Sache noch einmal ausgerechnet wird; mit dieser Berechnung kann ich mich nicht einverstanden erklären.*)

Wenn Herr Geheimrat Harms zunächst erklärte, daß es richtiger wäre, wenn sich das bei uns eingeführte Prämiensystem aus dem Zeitlohn entwickle, so kann ich das nur ohne weiteres unterschreiben. Es handelt sich aber da um die weitere Frage: wollen wir, weil irgendwelche Schäden bei unserem bisherigen Akkordsystem vorhanden sind, um auf ein anderes System zu gehen, den Umweg über das Zeitlohnsystem machen? Wenn der Überverdienst der Arbeiter zwischen 30 und 40 % ihres Lohnes beträgt, so wird naturgemäß bei Einführung des Zeitlohnes auch der Lohnsatz des Arbeiters um so viel erhöht werden müssen, denn es ist wohl kaum angängig, den Arbeitern ihren Tagesverdienst um 30 % zu kürzen. Und zu dieser Lohnerhöhung wird sich kaum ein Werk entschließen. Es war also nötig, einen Weg zu finden, der gestattet, direkt vom Stücklohnsystem zum steigenden Zeitlohn überzugehen.

Es wurde ferner davon ausgegangen, daß der Akkordsatz, auch wenn er zu hoch ist, ruhig bestehen bleiben könne, weil der Mann dann auch den Lohn seiner vielfach gesteigerten Tätigkeit ruhig haben soll. Wenn das der Fall wäre, so könnte man dieser Maßregel nur voll und ganz zustimmen. In den meisten Betrieben aber ist es de facto so, daß ein Akkord unabhängig davon, ob die Arbeitsleistung sehr hoch oder sehr niedrig ist, gekürzt wird, wenn der Überverdienst eine bestimmte Grenze übersteigt. Es würde also nicht zugelassen werden, wenn ein Akkord mit 10 Tagen berechnet ist, und er wird in einem Tage ausgeführt, daß der Mann dafür den zehnfachen Lohn verdient, sondern der Akkord wird das nächste Mal herabgesetzt werden. Um diese Herabsetzung zu verhindern, wird der Arbeiter die schnelle Arbeit vermeiden und wird sich mit geringerem Überverdienst begnügen. Es wird infolgedessen die Tatsache, daß ein Akkord zu hoch abgeschätzt wird, überhaupt nicht in die Erscheinung treten, und gerade diese Akkorde, bei denen infolge der absichtlich langen Arbeitszeit diese zu hohe Abschätzung nicht in die Erscheinung tritt, gerade die sollen durch das neue System getroffen werden.

*) Die in der Rede des Herrn Ober-Baurat Flach angegebenen Tabellen sind später berichtigt worden.

Herr Geheimrat Wiesinger erwähnte dann, daß die von mir in dem gedruckten Vortrage und auch hier erwähnte Vergebung verschiedener Arbeiten zu gleichen Preisen sehr gefährlich wäre. Er erklärte, wenn eine Arbeit tatsächlich von 100 M., mit der sie früher eingeschätzt war, nur ein Fünftel beträgt, also eigentlich einen Wert von 20 M. hat, so würde ein Arbeiter nicht tatsächlich diese 90 %, die ich in meiner Tabelle ausgerechnet habe, verdienen, sondern er würde sich mit nur 66 % oder irgend einer anderen geringeren Zahl begnügen.

Die Arbeit würde infolgedessen für das Werk wesentlich teurer werden. Wenn er das kann und wenn die Werkstattleiter das zugeben — gewiß, dann ist diese Möglichkeit ohne weiteres vorhanden. Dann aber bin ich auch fest überzeugt, wenn die Werkstattleiter so wenig imstande sind die Arbeit abzuschätzen, oder so wenig aufpassen, daß sie bei einer Arbeit, die nur ein Fünftel von den vorerwähnten 100 M. wert ist, so viel Arbeitszeit zulassen, daß der Mann nur einige 60 % verdient, dann würden dieselben Leute wahrscheinlich auch nicht den Akkord mit dem Arbeiter für 20 M. abgeschlossen haben, sondern sie hätten dann wahrscheinlich auch den Akkord mindestens 40 oder 50 M. abgeschlossen. Also wenn die Leute vorher beim normalen Akkordlohn imstande waren, zu konstatieren, die Arbeit ist nur ein Fünftel von der früher ausgeführten, also muß sie statt mit 100 M. mit 20 M. vergeben werden, dann werden dieselben Leute natürlich auch darauf achten, daß der Akkordüberverdienst in dem von mir dargestellten Falle 90 % beträgt.

Herr Geheimrat Wiesinger sagt ferner, das System solle dazu dienen, falsch abgeschätzte Akkorde, resp. diese falsche Abschätzung zu vertuschen. Selbstverständlich kann dies System wie jedes andere auch dazu benutzt werden. Wenn ich mich als Betriebsleiter bei dem normalen Akkordsystem nicht darum bekümmere, ob ein Mann 10 oder 100 % Überverdienst hat, so bin ich nicht orientiert darüber, ob der Akkordsatz zu hoch, richtig oder zu niedrig ist. Wenn ich in derselben Weise auch in den neuen Systemen mich nicht darum bekümmere, welchen Überverdienst der Mann erzielt, dann natürlich werde ich auch nicht merken, ob der Akkord richtig oder falsch eingeschätzt ist. Wenn aber jemand ebenso, wie er es beim normalen Akkordsystem muß, sich darum bekümmert, welche Höhe der Überverdienst erreicht, so wird er ganz ebenso wie beim Akkordlohn sehen: ist der Überverdienst hoch, dann könnte der Akkord vielleicht zu hoch abgeschätzt sein; es wird aber dann durch die eintretende Verbilligung dieser Fehler zum teil ausgeglichen. Ist dagegen der Verdienst gering, und das ist in diesen Fällen die größere Gefahr, dann muß untersucht werden: woran liegt das, ist der Arbeiter zu hoch gelöhnt, oder war der Akkord zu gering abgeschätzt?

Daß bei Verbesserungen der Werkstätteneinrichtungen im allgemeinen nicht gleiche Preise beibehalten werden, ist selbstverständlich. Ich glaube Herrn Geheimrat Wiesinger schwebt ein Fall vor, der von mir seinerzeit angegeben worden ist, von dem ich aber stets auch behauptet habe, daß er mehr aus taktischen Gründen angewendet ist; es bezog sich das auf Schraubenschlitzen, eine Arbeit, die im ganzen Jahre in dem mir unterstellten Betriebe vielleicht eine Summe von 200 M. repräsentiert.

Wenn ferner Herr Geheimrat Wiesinger sagt, die Höhe der Löhne habe auf den Preis des Akkords so wesentlichen Einfluß, so möchte ich dem entgegenhalten, daß diese Löhne auf den Preis auch jetzt von sehr großem Einfluß sind, wenn ich jetzt zwei Leute habe, von denen der eine, um ein Beispiel anzuführen, 32 Pf. Lohn hat, und der andere hat 40 Pf. Lohn und die beiden Leute arbeiten zwei Arbeitsstücke, so wird bei dem mit 32 Pf. entlohnten Manne — ich nehme natürlich an, die beiden Arbeiter hatten tatsächlich dieselbe Leistungsfähigkeit — auch heute schon der Verdienst geringer sein als bei dem mit 40 Pf. entlohnten und infolgedessen die Arbeit bei ersterem billiger, weil im allgemeinen nicht nach



dem Höchstverdienste des Mannes gerechnet wird, sondern nach dem prozentualen Zuschlage. Im allgemeinen werden die Akkorde ja ausgerechnet nach dem prozentualen Zuschlage, und infolgedessen werden die Akkorde dadurch meiner Ansicht nach ebenso beeinflußt.

Daß die Arbeiter bei Einführung von Prämiensystemen, speziell z. B. bei System D, weil es schwer durchsichtig ist, mißtrauisch werden, glaube ich kaum, denn die Arbeiter verstehen diese Lohnsysteme nach meiner Erfahrung sehr schnell. Daß ich das System D erwähnt habe, geschah hauptsächlich deswegen, weil es sich allerdings in den normalen Grenzen vollständig an das Akkordsystem anlehnt. Das ist aber auch richtig, denn in den normalen Grenzen soll der Akkordtagesverdienst nach Möglichkeit erreicht werden und der verbilligende Einfluß soll erst eintreten, wenn die geschätzte Zeit sehr von der tatsächlichen Arbeitszeit abweicht, wenn also beim normalen Akkordsystem der Akkord heruntergesetzt werden müßte.

Der Vorsitzende, Herr Geheimrat Busley-Berlin.

Der Vortrag des Herrn Baumeister Strache bietet uns eine höchst schätzenswerte Ergänzung des von Herrn Geheimrat Wiesinger früher gehaltenen Vortrages über die verschiedenen Lohnsysteme. Es steht zu hoffen, daß wir durch weitere Verfolgung derartiger Untersuchungen zu einer immer gerechter bemessenen Lohnverteilung gelangen, bei welcher nicht nur der Arbeitnehmer, sondern auch der Arbeitgeber auf seine Rechnung kommt. Ich danke Herrn Strache Namens der Gesellschaft für seine große Mühe, die er sich mit der Ausarbeitung seines Vortrages gegeben hat.

XIII. Ventilsteuerungen und deren Verwendbarkeit für Schiffsmaschinen.

Vorgetragen von ***W. Hartmann****-Berlin.*

Es ist in den letzten Jahren in der technischen Literatur des öfteren die Frage aufgeworfen worden, ob es nicht möglich sei, die Schiebersteuerungen an Schiffsmaschinen durch Ventilsteuerungen zu ersetzen. Obwohl nun die Vorteile der Ventilsteuerungen bei Landdampfmaschinen bereits seit Jahrzehnten eine in Ingenieurkreisen allgemein anerkannte Tatsache bilden, ist jener Anregung, abgesehen von vereinzelten, untergeordneten Ausnahmen, bisher keine Folge gegeben worden. Der Schiffsmaschinenbau vollzieht sich vielmehr, man kann wohl sagen, in typischer Form, und zu dem Typus gehört als Steuerungsorgan der Schieber, sei es in seiner einfachsten Form oder als Kolbenschieber, entlasteter Schieber usw. Diese strenge Regelmäßigkeit der Anwendung einer Steuerungsart, die bekanntermaßen gegenüber den Ventilsteuerungen gewisse Nachteile besitzt, muß einen triftigen Grund haben.

Man könnte sich einfach mit der Tatsache abfinden, daß unsere Schiffsmaschinen an Sicherheit des Betriebes, die sich auf vielen ununterbrochenen vielwöchentlichen Reisen aufs glänzendste bewährt hat, unübertroffen sind, und könnte es demnach für unnötig erachten, die Frage der Ersetzung der Schiebersteuerungen durch Ventilsteuerungen bei Schiffsmaschinen aufzugreifen. Allein der Entwickelungsgang unserer Motoren wird über kurz oder lang alle schiffbautreibenden Nationen zwingen, sich mit der vorliegenden Frage eingehend zu befassen.

Nachdem das 19. Jahrhundert vollkommen in dem Zeichen und unter der Herrschaft der Kolbendampfmaschine gestanden hat, deren Überlegenheit durch die unvergänglichen Forschungen und Erfindungen Watts begründet

war, läßt sich nicht mehr verkennen, daß ihr neuerdings zwei mächtig aufstrebende Wettbewerberinnen erstanden sind und ihr den alten Rang streitig machen, nämlich die Dampfturbine und die Großgasmaschine.

Die Dampfturbine ist gleich der bisherigen Kolbendampfmaschine von dem Dampfkessel abhängig, und dieser erfordert offene Feuerung und Schornsteinanlagen, zwei Dinge, die für die Erkennbarkeit, Sicherheit und Bewegungsfreiheit namentlich der Kriegsschiffe von maßgeblicher Bedeutung sind.

Im Gegensatz hierzu bedarf der Gasmotor als Maschine mit innerer Verbrennung keines Schornsteines und besitzt auch den weiteren Vorteil, daß er für die gleiche Leistung nur die Hälfte bis ein Drittel der Brennstoffmenge verbraucht, welche die Dampfmaschine benötigt. Die Gasmaschine bedarf allerdings der Anlage von Generatoren, aber der Raum für diese ist um die Hälfte bis zwei Drittel kleiner als der Raum einer gleich starken Dampfkesselanlage. Welche Vorteile aus diesen Umständen für den Betrieb der Schiffe entspringen, braucht nicht weiter ausgeführt zu werden, es sei nur an die Größe des Aktionsradius und an die Verwundbarkeit der Kriegsschiffe erinnert.

Es ist deshalb nur eine Frage der Zeit, daß Versuche unternommen werden müssen, auch die Gasmotoren auf den Schiffen anzuwenden. Solche Versuche werden dann stattfinden, wenn die Sicherheit der Konstruktion und die Manövrierfähigkeit des Gasmotors ähnlich denjenigen der Dampfmaschine geworden sind. Der Gasmotor gewöhnlicher Art besitzt aber Ventilsteuerung, Schiebersteuerungen lassen sich bei ihm nicht verwenden. Ich glaube daher auf aktuelles Interesse rechnen zu dürfen, wenn ich die Frage der Anwendbarkeit von Ventilsteuerungen bei Schiffsmaschinen einer Erörterung unterziehe. Dabei werde ich in erster Linie ihre Anwendbarkeit für Gasmaschinen im Auge behalten, vielleicht ergeben sich indessen daraus auch Anregungen, ob nicht die anerkannten Vorteile der Ventilsteuerungen auch für die Schiffsdampfmaschinen nutzbar gemacht werden könnten.

Es dürfte kaum ein Gebiet geben, auf welchem sich der Erfindungsgeist reger betätigt hat, wie das der Ventilsteuerungen. Die Zahl der wirklich ausgeführten Konstruktionen, noch mehr aber die Zahl der Entwürfe zu solchen Steuerungen macht es unmöglich, in eine kritische Betrachtung aller dieser Vorschläge einzutreten oder aber dieselben zu ordnen. Trotzdem lassen sich eine Reihe von Gesichtspunkten aufstellen, die für die Beurteilung der Brauchbarkeit solcher Steuerungen allgemein gültig sein dürften. Am einfachsten



geschieht dies an der Hand einiger Beispiele, und als solche wähle ich zunächst die alte Collmann-Steuerung (Fig. 1), wie sie von der Görlitzer Maschinenbauanstalt ausgeführt wird, die neue Collmann-Steuerung (Fig. 2), die Sulzer-

Alte Collmann-Steuerung.

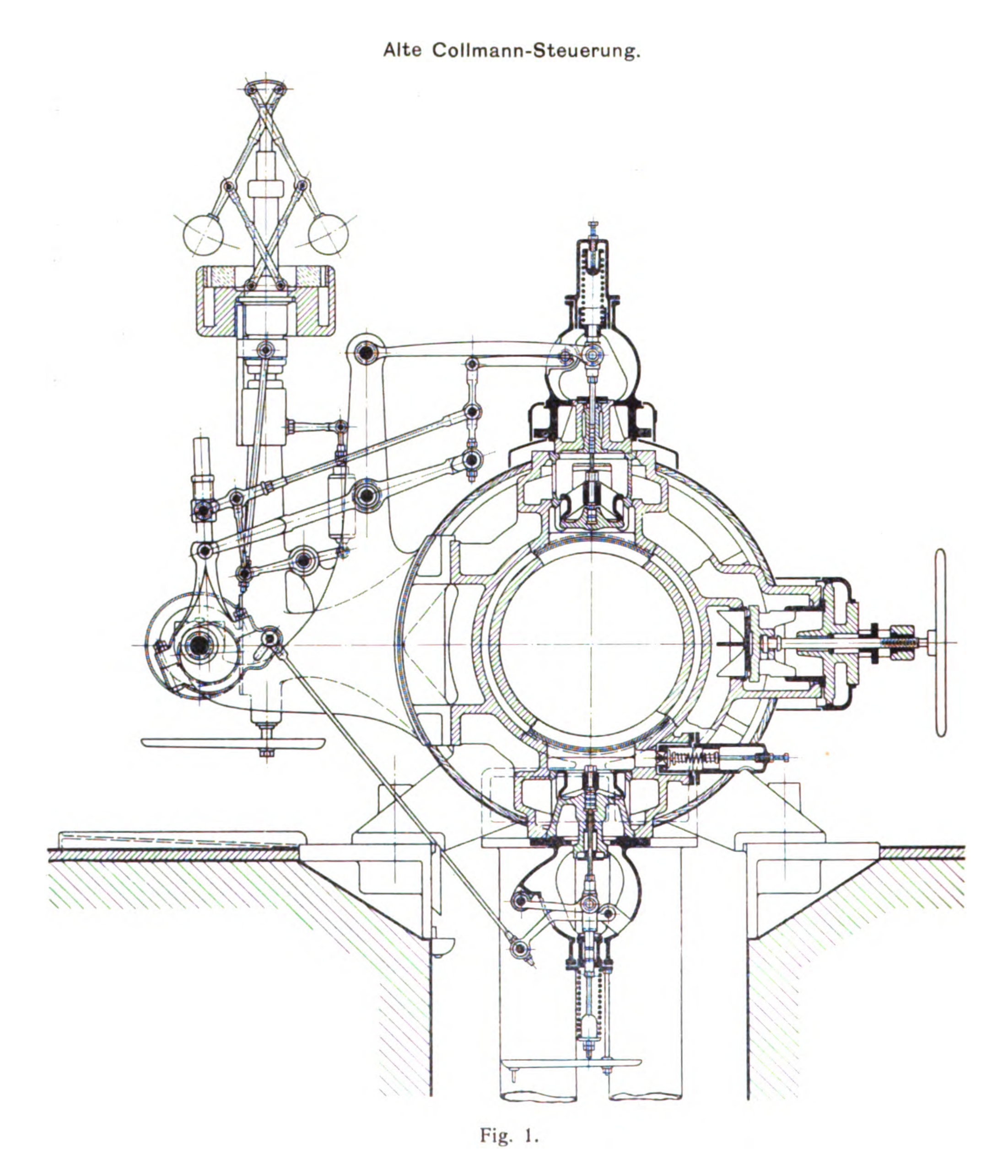


Fig. 1.

Steuerung (Fig. 3 u. 4), welche in Paris an einer tausendpferdigen Maschine ausgestellt war, und die gewöhnliche Steuerung mit unrunden Scheiben, die an Gasmaschinen und auch an Dampfmaschinen nicht selten angewandt wird. Neuerdings hat man die letztere zu vervollkommnen gesucht, insbesondere

durch Anbringung von Gegenscheiben. Fig. 5 zeigt eine kraftschlüssige Anordnung von Gebr. Sulzer, Fig. 7 bis 10 eine paarschlüssige (Patent, Knoller), gebaut von der Firma Brand und L'Huillier in Brünn.

Bevor ich auf eine Erörterung der genannten Steuerungssysteme eingehe, möchte ich ein Urteil über dieselben von Professor Stodola in Zürich anführen. In seinem an das schweizerische Handelsdepartement erstatteten Berichte über die Dampfmaschinen auf der Weltausstellung in Paris 1900 führt er aus, daß gegenüber einigen gründlich verfehlten Konstruktionen als bedeutsame Fortschritte u. a. in erster Linie die Steuerung von Gebr. Sulzer (Fig. 3 u. 4) hervorzuheben sei. Dagegen spricht er der alten Collmann-Steuerung (Fig. 1) so zu sagen eigentlich jede Berechtigung ab, indem er ausführt, diese sei „spurlos verschwunden, was wohl ohne Bedauern konstatiert werden würde“. Die Steuerungen mit unrunden Scheiben, u. a. die von Brand und L'Huillier (Fig. 7 bis 10), werden dagegen wiederum als Fortschritte gekennzeichnet.

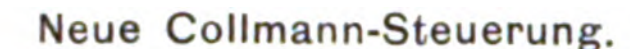
Zum Teil ist dieses Urteil bereits durch die Tatsachen der letzten Jahre widerlegt. Die Görlitzer Maschinenbauanstalt hat nach einigen Versuchen mit Collmanns neuer auslösenden Ventilsteuerung den Bau der alten Collmannsteuerung wiederum aufgenommen und diese Steuerungsart unter anderen an einer 7000 PS.-Maschine im Kraftwerk Moabit zur Ausführung gebracht.

Ob die übrigen Urteile Stodolas auf richtiger Erkenntnis und Bewertung der in Paris 1900 ausgestellten Objekte beruhen, möchte ich Ihrem eigenen Urteile überlassen, indem ich nunmehr zur Erörterung der angeführten Steuerungssysteme selbst übergehe.

Bis gegen Ende des vorigen Jahrhunderts waren weite Kreise der Technik davon überzeugt, daß die alte Collmann-Steuerung auf durchaus richtigen Prinzipien aufgebaut sei, und zwar aus dem Grunde, weil sie die Hebung und Senkung des Ventils in solcher Weise bewirkt, daß das letztere in allen Lagen dem Bewegungszwange des Steuerungsgetriebes folgen muß. Durch die Bewegung der beiden stets an einanderliegenden Wälzhebel wird das Ventil geöffnet und geschlossen. Der Vorgang spielt sich allerdings unter Beihilfe eines Spannwerkes, nämlich so ab, daß während des Öffnens gleichzeitig eine Feder gespannt wird, welche die zum Schließen des Ventils notwendige Arbeit in sich aufspeichert. Unter der Voraussetzung, daß die im Spannnwerk aufgespeicherte Arbeit groß genug ist, um sämtliche Widerstände zu überwinden, muß sich der obere Wälzhebel ständig auf den unteren legen und dem Wege desselben folgen, die Steuerung ist also kraftschlüssig zwangläufig. Bei genügend starker Spannung der Feder kann es nicht vor-



kommen, daß einzelne zusammengehörige Elemente von einander getrennt werden. Das Steuerungsgetriebe hat außerdem solche Formen und Abmessungen, daß die Bewegung möglichst sanft von statten geht und der Rückdruck auf den Regulator verhältnismäßig klein wird.


Neue Collmann-Steuerung.

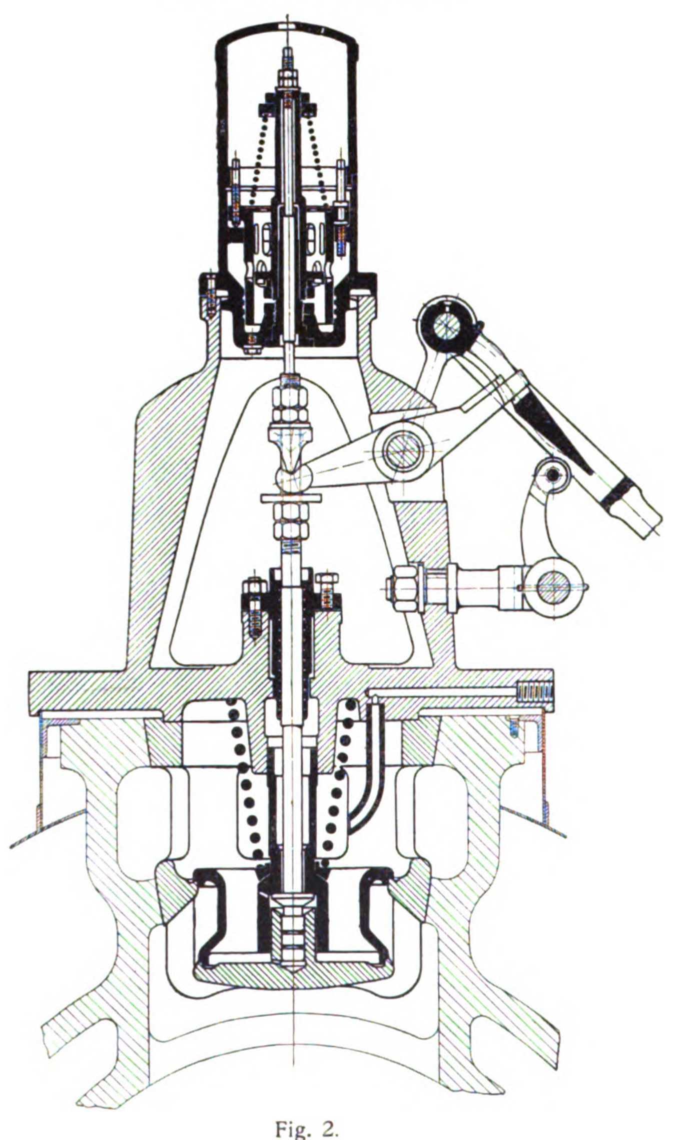


Fig. 2.

Die Unsicherheit in der Beurteilung der Steuerung hat sich dadurch gesteigert, daß Herr Collmann seine soeben behandelte Konstruktion später verließ und zu den sogenannten auslösenden Steuerungen überging. Dieses Beispiel wirkte verwirrend und zugleich anregend; letzteres in dem Sinne,

Sulzer-Steuerung.

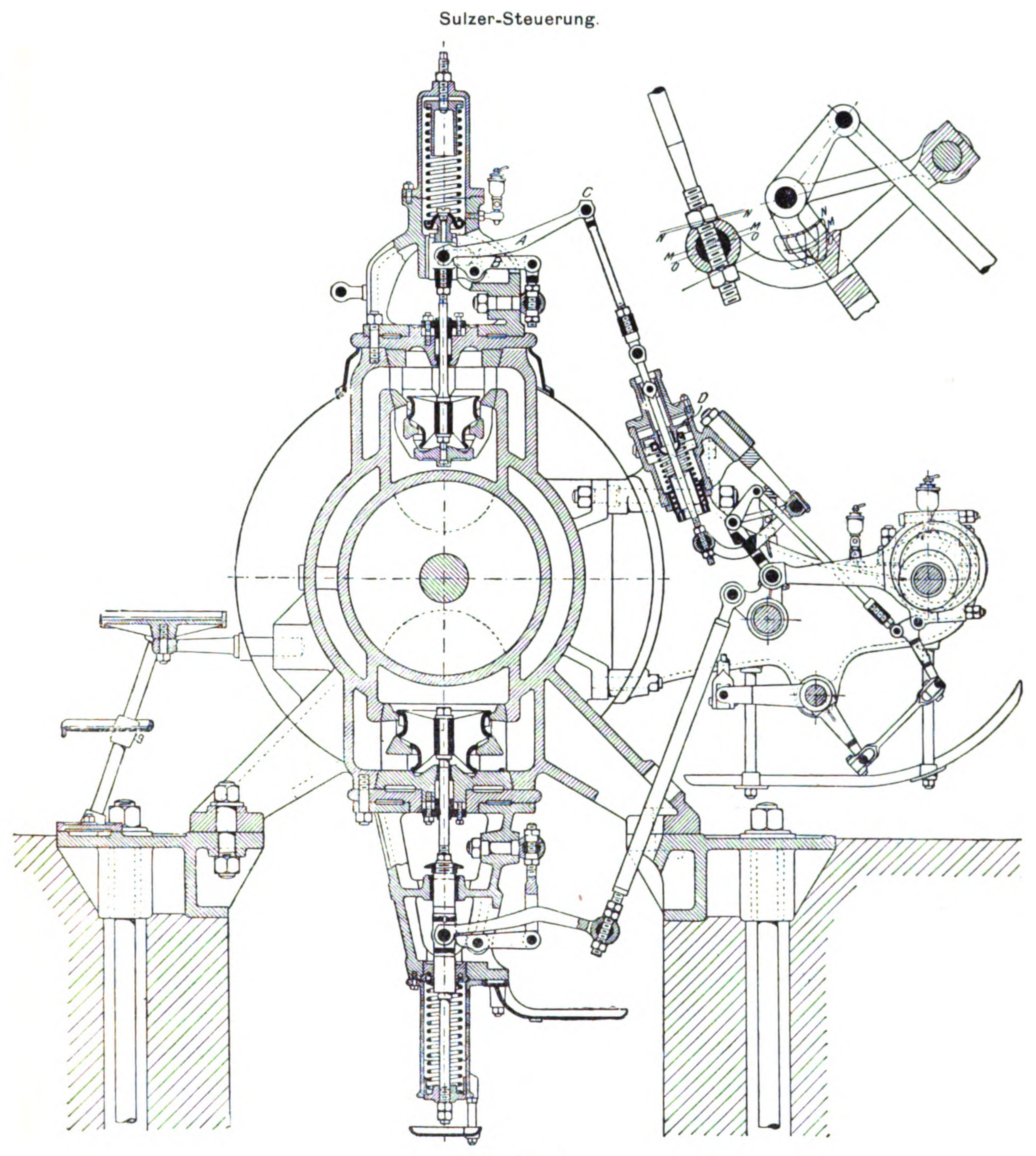


Fig 3 u. 4.

als sich viele Konstrukteure veranlaßt sahen, nunmehr ebenfalls auslösende Steuerungen zu entwerfen, eine Aufgabe, die zunächst beträchtlich einfacher erscheint als die zuerst gekennzeichnete. Zu welchen Komplikationen jedoch

das Streben nach einer möglichst vollkommenen Lösung der zweiten Art führt, zeigt das Beispiel der Sulzer-Steuerung (Fig. 3 u. 4). Eine genaue kinematische Analyse dieser Steuerung lehrt, daß in derselben nicht weniger als 14 verschiedene Getriebe größtenteils zu dem Zwecke kombiniert sind, um die Nachteile, die der auslösenden Steuerung im Prinzip anhaften, zu beseitigen.

Diese Besonderheiten der auslösenden Steuerungen lassen sich einfacher als an der Sulzer-Steuerung an Collmanns neuer Konstruktion (Fig. 2) erläutern. Das Öffnen des Ventils geschieht durch ein kraftschlüssig wirkendes Steuerungsgetriebe in zwangläufiger Weise, indem dabei wiederum eine Feder gespannt wird, die die zum Schließen des Ventils nötige Arbeit aufspeichert. An einem — vom Regulator bestimmten — Punkte wird aber plötzlich der Zusammenhang des Getriebes unterbrochen und das Ventil durch die Wirkung des Spannwerkes auf seinen Sitz zurückgeschleudert. Das Ventil würde hart aufschlagen, wenn es nicht vorher durch ein Fangwerk, und zwar in diesem besonderen Falle ein Flüssigkeitsfangwerk, bedeutend verzögert würde. Während des Zurückschnellens steht das Ventil nicht unter dem Einfluß des Steuerungsgetriebes, sondern nur unter der Einwirkung des Spannwerkes und des Fangwerkes. Fangwerk und Spannwerk müssen gegen einander eingestellt sein. Ist die Spannung des einen zu groß oder der Widerstand des anderen zu gering, so schlagen die Ventile heftig. Liegen die Verhältnisse umgekehrt, so entsteht die Gefahr, daß die Ventile hängen bleiben, also nicht rechtzeitig auf ihren Sitz zurückkehren.

Die Betrachtung zeigt klar, daß in den auslösenden Steuerungen Bewegungen vorkommen, die unabhängig von dem Hauptgetriebe der Maschine vor sich gehen und folglich auch ordnungswidrig sein können, was in der Tat vorkommt. Um dem einigermaßen vorzubeugen, hat man noch besondere Mittel angeordnet, die etwa hängengebliebenen Ventile noch vor Beginn der nächsten Bewegungsperiode zu schließen. Die Notwendigkeit, solche besonderen Mittel einzuführen, dürfte ein Beweis dafür sein, daß diese Steuerungen in getrieblicher Hinsicht den zuerst behandelten an Sicherheit nachstehen.

In konstruktiver Beziehung weisen sie aber außerdem den Nachteil auf, daß die zur Auslösung dienenden beiden Klinken beim Ventilanhub gegen einander verschoben werden, bis sie schließlich von einander abgleiten, während hierbei die Spannwerksfeder mehr und mehr zusammengedrückt wird. Kurz vor dem Ventilschluß, gerade dann, wenn die Steuerung den größten Widerstand hat, liegen die beiden Klinken schließlich nur in einer Linie auf

einander, wodurch hier ein hoher spezifischer Flächendruck entsteht. Im Augenblicke der Auslösung wird alsbald das am höchsten beanspruchte Steuergestänge plötzlich ganz entlastet, wodurch in ihm Erzitterungen und elastische Schwingungen hervorgerufen werden. Um diesem klar erkannten Übelstande zu begegnen, hat man verschiedene Mittel angewandt. In der Sulzer-Steuerung besteht dasselbe z. B. darin, die eine Klinke, welche die Bewegung auf die zweite überträgt, in einer besonderen Bahn so zu führen, daß die Verminderung der Auflagefläche erst ganz kurz vor dem Abschnappen und alsdann möglichst rasch erfolgt; zugleich ist angestrebt worden, die Masse des ausgelösten und entlasteten Gestänges möglichst klein zu halten. Die komplizierte Getriebekonstruktion zwischen der Steuerwelle und dem Fangwerke ist offenbar aus Überlegungen ähnlicher Art hervorgegangen. Spannwerk und Fangwerk greifen an einen Wälzhebel an, der seinerseits in gewisser Weise die Bewegung des niedergehenden Ventils beeinflußt.

Wenn man von den vorgetragenen Gesichtspunkten aus die Sulzer-Steuerung betrachtet, so kann man zugeben, daß sie geeignet ist, die den auslösenden Steuerungen eigentümlichen Nachteile so klein als möglich zu machen. Insofern kann man daher dem anerkennenden Urteile Stodolas beipflichten. Vergleicht man aber die Steuerung ihrem Wesen nach mit der zuerst behandelten Art, so leuchtet ein, daß sie weit hinter dieser zurücksteht, und zwar hauptsächlich dadurch, daß sie zeitweise Bewegungen durchmacht, die nicht von dem Hauptgetriebe der Maschine abhängen. Dieser Übelstand haftet naturgemäß allen auslösenden Steuerungen ohne Ausnahme an, und aus ihm entspringen alle anderen ihnen eigentümlichen Übelstände. Umgekehrt kann man daher auch schließen, daß je vollkommener der Zwanglauf, desto besser die Steuerung ist.

Das dritte Beispiel ist die Nockenscheibensteuerung (Fig. 5). Das Steuerungsschema ist außerordentlich einfach, und zwar sowohl im Vergleich zur Sulzer-Steuerung, als auch zur alten Collmann-Steuerung. Letzterer Umstand ist wohl der Grund dafür, daß im letzten Jahrzehnt eine ganze Reihe von Konstruktionen aufgetaucht sind, die von der unrunden Scheibe ausgehen. An den Gasmotoren kleinerer Bauart ist sie von Vorteil und gewissermaßen typisch geworden. Neuerdings ist sie jedoch auch bei den Großgasmaschinen wie auch bei den Niederdruckzylindern von Verbunddampfmaschinen nicht selten angewandt worden. Hierbei erhalten die Daumenscheiben bereits beträchtliche Abmessungen (vergl. Fig. 6, 600 P. S.-Gasmotor von Cockerill).



Steuerung mit unrunden Scheiben (Sulzer).

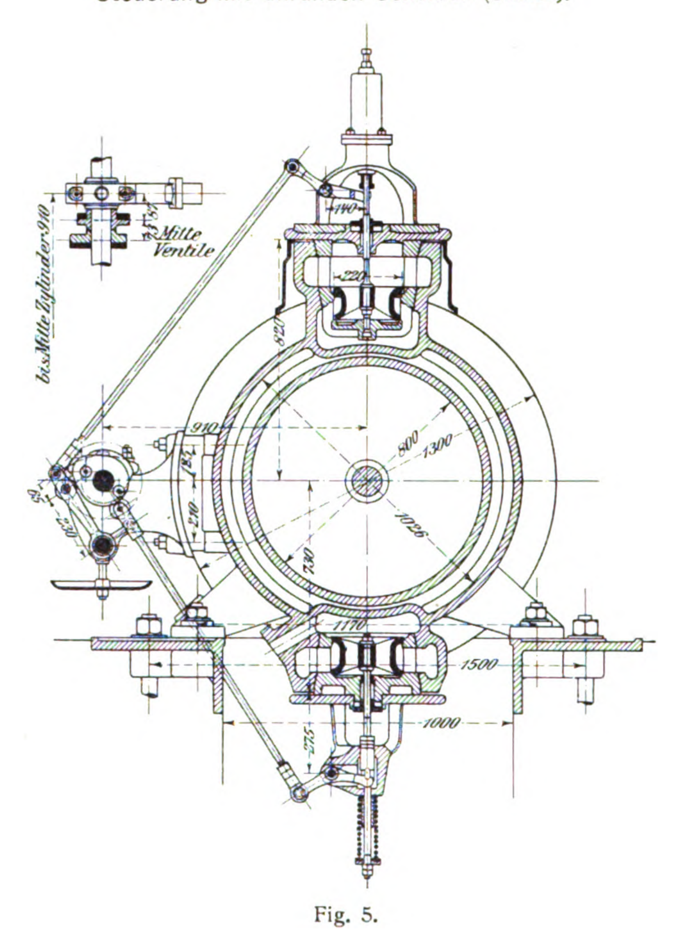


Fig. 5.

Steuerung mit unrunden Scheiben (Coquerill).

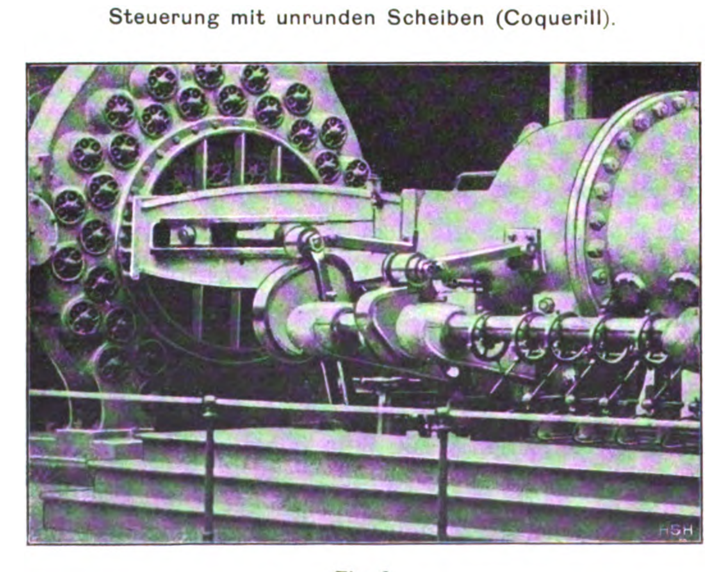


Fig. 6.

Im allgemeinen ist diese Steuerung kraftschlüssig, d. h. das Steuerungsgestänge wird durch ein Spannwerk beständig gegen die unrunde Scheibe gedrückt. Es sind indessen Bestrebungen vorhanden, diesen Übelstand zu beseitigen, dahin zielen u. a. die Konstruktionen von Knoller, Radovanovic, Strnad usw. Die Figuren 7 bis 10 zeigen die Steuerung von Knoller, gebaut von Brand & L'Huillier in Brünn.

Steuerung mit unrunden Scheiben (Knoller).

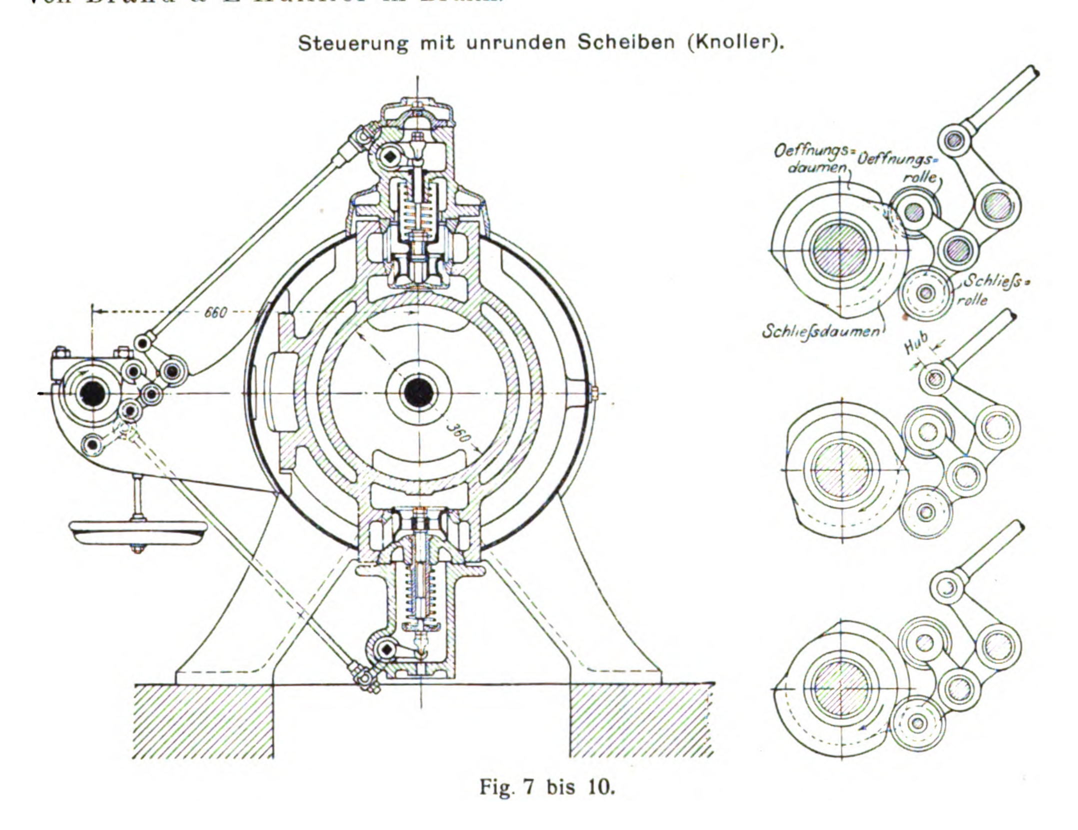


Fig. 7 bis 10.

In erster Linie kommt es darauf an zu untersuchen, ob derartige Getriebe für größere Maschinen brauchbar sind. Es sei sogleich hervorgehoben, daß dies nicht der Fall ist. Die Getriebe sind nur scheinbar einfach; denn die unrunden Scheiben nebst der dazu gehörigen, kreisbogenförmig oder geradlinig geführten Rolle bilden ein höheres Elementenpaar. Höhere Elementenpaare sind aber für den Kenner der wissenschaftlichen Kinematik nichts anderes als verschleierte Formen versteckt liegender Mechanismen. In der Tat ersetzt die unrunde Scheibe mit dem von ihr angetriebenen im oder am Maschinengestell geführten Gliede (Fig. 11) auf dem ersten Teil A B ihrer kurvenförmigen Begrenzung ein Kurbelgetriebe, wie es die Figuren 12 bis 14, und auf dem zweiten B C ein anderes, wie es die Figuren 15 und 16 zeigen, sofern die Begrenzung der unrunden Scheibe, wie dies in allen Handbüchern

empfohlen wird, aus Kreisbogen in Form eines Korbbogens zusammengesetzt ist. An dem Treffpunkte der beiden Bogen wechselt das Getriebe seine Form,

Äquivalente Getriebe für unrunde Scheiben.

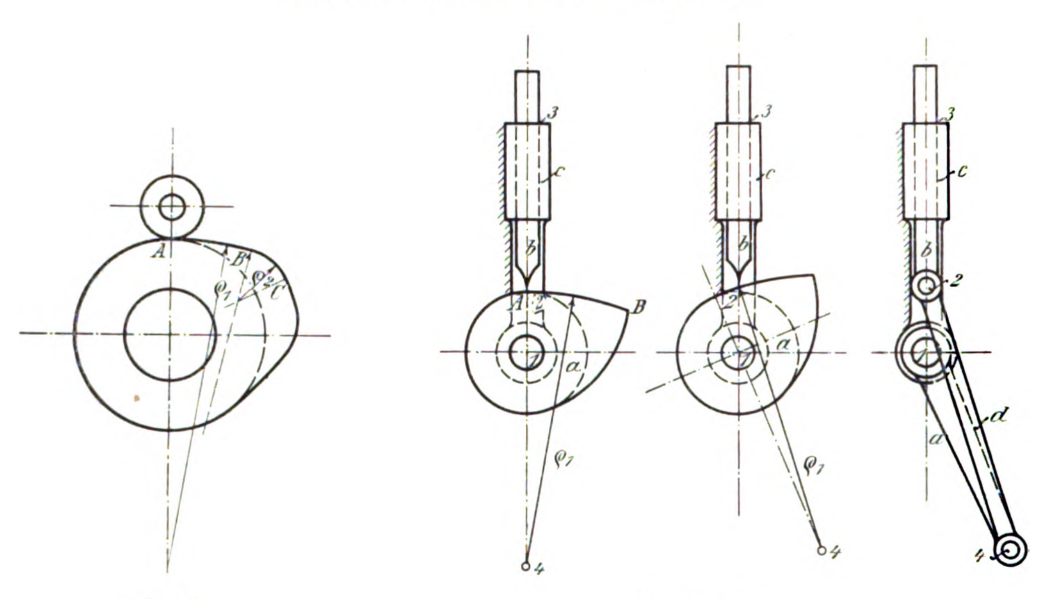


Fig. 11.

Fig. 12 bis 14.

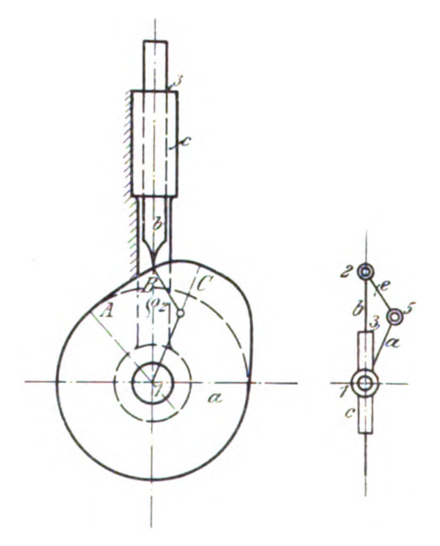


Fig. 15 u. 16.

statt des Getriebes nach Fig. 14 übernimmt alsdann dasjenige nach Fig. 16 die Treibung. Ein derartiger Wechsel kann schlechterdings nicht ohne Sprung vor sich gehen.

Ein Bewegungsdiagramm, worin sämtliche Verhältnisse auf die Zeit bezogen sind, weist einen unerwarteten Verlauf auf (Fig. 17). Obwohl die Wegordinaten von A über B nach C scheinbar eine ganz allmähliche Veränderung zeigen, bekommt die Geschwindigkeitskurve bei B einen scharfen Knick, und

Bewegungsdiagramm der unrunden Scheiben.

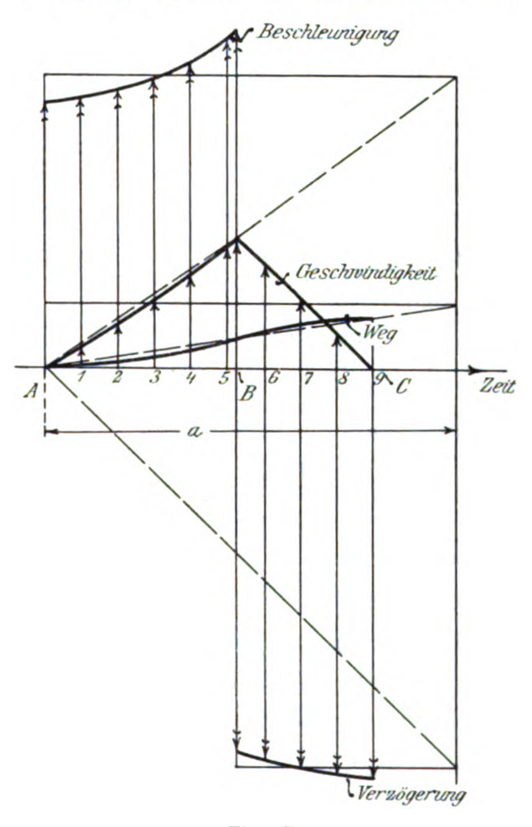


Fig. 17.

die Beschleunigungskurve fällt plötzlich von einem größten positiven Werte zu einem größten negativen herab. Das Diagramm stellt in der Beschleunigungskurve gleichzeitig den Verlauf der Beschleunigungskräfte dar. Um die Beanspruchungen des Getriebes vollständig zu erkennen, hat man sich noch das Diagramm der Federungsarbeit hinzuzudenken, welches auf den Weg bezogen, trapezförmige Gestalt besitzt. Am bedenklichsten ist der heftige Sprung, die Diskontinuität, im Verlaufe der Beschleunigungskurve im Punkte B; denn dieser bedingt regelmäßig wiederkehrende heftige Stöße im Steuerungsgestänge, wogegen auch die Beseitigung des Kraftschlusses und die Ersetzung desselben durch paarschlüssige, unrunde Scheiben nichts hilft, da diese Beanspruchungen allein von den Massenbeschleunigungen herrühren.

Bei einem Gasmotor von 300 PS. und 40 mm Ventilhub habe ich die Beschleunigung im Punkte B zu 114 m/sec.[2] ermittelt, bei einem anderen von 250 PS. und 50 mm Ventilhub sogar zu 265 m/sec.[2]. Diese Zahlen allein dürften zeigen, daß die Nockenscheibensteuerungen für Maschinen mit schweren Ventilmassen ungeeignet sind. Daran vermag auch die Gestaltung der unrunden Scheiben nach bestimmten, besseren Bewegungsgesetzen nichts zu ändern, da es praktisch unmöglich ist, die entsprechenden Kurven mit der erforderlichen Genauigkeit herzustellen.

Hiernach erscheint es wohl ausgeschlossen, Steuerungen letzterer Art jemals für Schiffsmaschinen größerer Leistung zu verwenden. Aber die anderen beiden Arten sind gleichfalls nicht dafür geeignet, weil sie beide zur Erzwingung der vollständigen Ventilbewegung der Mithilfe einer Feder, das ist des Kraftschlusses, bedürfen.

Gegen die Anwendung kraftschlüssiger Steuerungen bei Schiffsmaschinen spricht hauptsächlich, daß die letzteren nicht auf festem, sondern auf schwankendem Fundament stehen und daß daher die der Maschinengröße entsprechend schweren Ventil- und Gestängemassen, besonders wenn sie zeitweise von dem Hauptgetriebe losgelöst sind, durch die Schiffsbewegungen störende Beschleunigungen erhalten können. Die so auftretenden störenden Beschleunigungsdrucke könnten leicht die Kraft der Spannwerks- und Anpaßfedern übersteigen und dann ein sicheres und genaues Arbeiten der Steuerung verhindern. Mit Rücksicht hierauf die besagten Federn weiterhin zu verstärken, würde das Übel nicht beseitigen, vielleicht gar noch verschlimmern. Denn mit einer weiteren Erhöhung der Federspannungen, die ohnehin schon recht bedeutend sein müssen, würden auch die Beanspruchungen und die Stoßwirkungen im Getriebe sowie der Arbeitsbedarf der Steuerung sich steigern.

Im engen Zusammenhange mit dem vorigen Punkte steht die Frage der naturgemäß unbedingt erforderlichen Umsteuerung, die an und für sich nicht einfach ist. Zwar sind Umsteuerungen für Walzenzug-Ventildampfmaschinen vorhanden, aber der Betrieb der Schiffsmaschinen stellt an die Umsteuerung besondere Ansprüche, u. a. leichte Bewegbarkeit, schnelles und durchaus zuverlässiges Arbeiten, die hinsichtlich der Anwendung von Ventilen als Steuerungsorgane noch eingehende Studien und praktische Erfahrung bedingen.

Um diese letzteren möglich zu machen, ist es jedoch erforderlich, vorerst den Zwanglauf der Ventilsteuerungen gemäß den Eigentümlichkeiten und den schwierigeren Anforderungen der Schiffsmaschinen zu verbessern

und zu vervollkommnen. Bei Dampfmaschinen mag der Einführung von Ventilen anstatt der bewährten Schieber die Tatsache entgegenstehen, daß sich die letzteren inbezug auf Sicherheit des Betriebes durchaus bewährt haben, bei Gasmaschinen dagegen sind allein Ventilsteuerungen anwendbar, und damit ist hierfür die Aufgabe gegeben. Ich werde nunmehr zeigen, daß die Lösung der Aufgabe überhaupt möglich und praktisch durchführbar ist.

Die Unzulänglichkeit der vorgeführten Steuerungssysteme beruht eben, wie sich vorhin ergab, darauf, daß sie nicht paarschlüssig sind, sondern vielmehr noch kraftschlüssiger Einrichtungen in Form von Spannwerken bedürfen.

Die Erkenntnis der angeführten Tatsachen bildete den Ausgangspunkt für meine eigenen Arbeiten. In deren Verlaufe wurde mir klar, daß für die Eigenartigkeit der Ventilbewegung eine passende Mechanismengruppe überhaupt fehlte, die zwischen der stetig umlaufenden Steuerwelle und der nur zeitweise zu bewegenden Ventilspindel ohne Zuhilfenahme des Kraftschlusses eine periodisch unterbrochene Bewegung vermittelt und dabei dennoch genügende Sicherheit gegenüber der Beanspruchung durch große Kräfte gewährt.

Es kommt zunächst darauf an, das Bewegungsproblem, das durch den neu zu konstruierenden Mechanismus verkörpert werden soll, zu charakterisieren. Auf der einen Seite befindet sich eine mit konstanter Winkelgeschwindigkeit umlaufende Welle, auf der anderen Seite das geradlinig zu bewegende Steuerventil. Das Zwischengetriebe empfängt die Bewegung von der Steuerwelle und muß dieselbe so übertragen, daß die Ventilspindel zeitweise eine Hubbewegung hin und zurück macht und darauf in Ruhe verharrt. Von der Steuerwelle kann mit Hilfe einer Schubstange die rotierende Bewegung in eine schwingende verwandelt werden. Der einzuschaltende neue Mechanismus kann daher charakterisiert werden als ein solcher, der zur periodischen Unterbrechung einer schwingenden Bewegung dient.

Da die Ventilspindel geradlinig bewegt wird, so erscheint es naheliegend, den Mechanismus selbst auch als Geradführung auszubilden.

Zur Lösung der Aufgabe geht man am einfachsten von einem phoronomischen Problem aus, in dem die richtige Leitung der Bewegung, also hier die Erzeugung einer geraden Linie, bereits vorhanden ist. Solcher phoronomischen Probleme gibt es eine ganze Reihe. Ich wähle als Ausgangsform das bekannte, von Reuleaux sogenannte Cardanproblem.

Es lautet: „Ein Kreis rollt in einem doppelt so großen Kreise.“ Jeder Punkt der Peripherie des kleineren Kreises beschreibt dabei eine gerade Linie, nämlich einen Durchmesser (geradlinige Ellipse). Läßt man den kleinen Kreis eine schwingende Rollung machen, so vollführt ein beliebiger Umfangspunkt 1 eine geradlinige hin- und hergehende Hubbewegung, die mit der Geschwindigkeit 0 beginnt und endigt (vergl. Fig. 18 u. 19). Verbindet man mit dem Punkte 1 eine Ventilstange v, so ist der eine Teil der Aufgabe bereits gelöst.

Sperrkurvenscheibengetriebe I. Art (Hartmann).

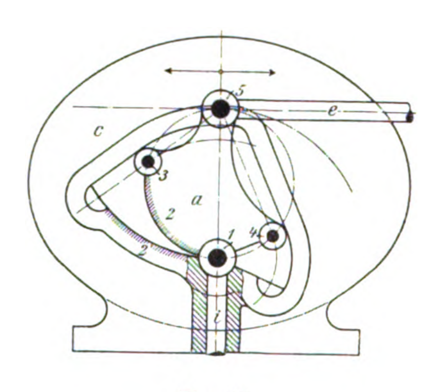


Fig. 18.

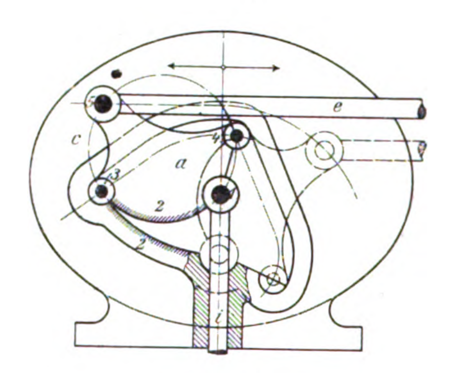


Fig. 19.

Damit nun eine Pause in der Bewegung eintritt, kann man, nachdem der Punkt 1 seine tiefste Lage erreicht hat (Fig. 18), die Rollbewegung unterbrechen und in eine Kreisbewegung verwandeln. Die Verwandlung geschieht aber bei der Geschwindigkeit Null, erzeugt also keinen Stoß. Es kommt nun noch darauf an, diese Bewegung durch widerstandsfähige Mittel zu erzwingen.

Dazu sind in Fig. 18 zwei Führungspunkte 3 und 4 angeordnet, die während der Rollung des Kreisbogens 2 auf 2′ gerade Linien, während der Drehung um 1 hingegen Kreisbogen beschreiben. Führt man die Punkte 3 und 4 etwa als Rollen aus und die Bahnen als Äquidistanten in dem ruhenden Gliede c, so ist der Zwanglauf gesichert, die beiden Glieder a und c bilden alsdann ein höheres Elementenpaar. Wird a durch eine Stange e in stetig schwingende Bewegung versetzt, so vollführt die Ventilstange i eine periodisch unterbrochene Bewegung, deren Pausen beliebig klein oder groß gemacht werden können.

In konstruktiver Beziehung sind die Rollen an den Punkten 3 und 4 unangenehme Teile, weil sie noch eine, nicht zwangläufige (drehende) Bewegung besitzen. Um diese zu beseitigen, kann das höhere Elementenpaar im vorliegenden Falle durch identische Wiederholung in dem Gliede c geschlossen werden. Der Mittelpunkt des Gliedes a beschreibt nämlich eine aus zwei

Sperrkurvenscheibengetriebe II. Art (Hartmann).

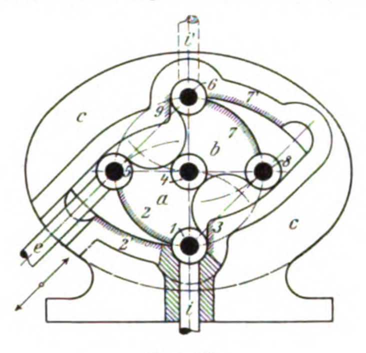


Fig. 20.

Kreisbogen zusammengesetzte S-förmige Bahn. Verbindet man daher in diesem Punkte mit a ein identisch geformtes Glied b, so wird die Bewegung des Gliedes a in gleicher Weise wie vorhin von statten gehen, wie Fig. 20 zeigt.

Anwendung auf Dampfmaschinen-Steuerungen.

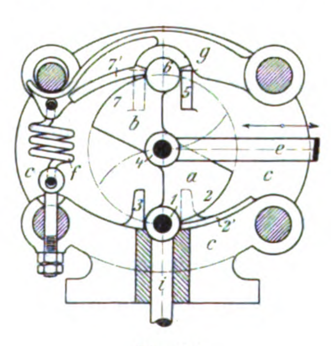


Fig. 21.

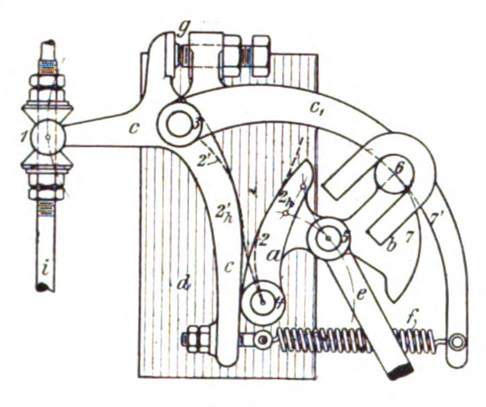
Dabei dreht sich der Punkt 6 des Gliedes b während der Rollung von a in c in seinem Lager, wobei die Stange i gehoben und gesenkt wird. Während des Stillstandes von i dreht sich a um 1, und es rollt nunmehr das Glied b mit seinem Kreise 7 in dem doppelt so großen 7', der an c körperlich ausge-

führt ist. Das Ergebnis bildet einen dreigliedrigen Mechanismus, dessen Anwendbarkeit für Ventilsteuerungen Fig. 21 zeigt.

In konstruktiver Hinsicht kommt hier noch in Betracht, daß es zweckmäßig erscheint, das eine Rollbahnenpaar 7 7' nachgiebig zu lagern, um Ausdehnungen der verschiedenen Teile infolge Erwärmung oder auch Mängel der Arbeit unschädlich zu machen. Zu diesem Zwecke ist ein durch eine Feder f gespanntes Glied g eingefügt. Es ist aber zu beachten, daß diese Feder f keine Bewegung erzeugt, also nur nebenher zur Erzeugung elastischer Nachgiebigkeit dient.

Die gleiche Aufgabe läßt sich noch mit anderen bekannten Bewegungs-


Sperrkurvenscheibengetriebe III. Art (Hartmann).


Fig. 22.

problemen lösen, z. B. mit Hilfe der Rollung einer Parabel auf einer kongruenten Parabel, der Rollung einer logarithmischen Spirale auf einer Tangente usw.

Die Ausführungsformen (Fig. 18 bis 21) müssen direkt auf dem Ventilgehäuse angeordnet werden, was für den Aufbau, namentlich aber für den Betrieb der Steuerung unbequem ist, wenn nämlich die Ventile häufiger nachgesehen werden müssen, wie dies bei Gasmotoren beispielsweise notwendig ist. Es erscheint daher zweckmäßig, die Steuerung so anzuordnen, daß die Ventilspindel frei liegt.

Man gelangt zu einer Lösung dieser Aufgabe durch die Überlegung, daß die geradlinigen Bahnen der Punkte 1 und 6 in Fig. 20 auch als Kreise von unendlich großem Halbmesser aufgefaßt werden können. Ersetzt man alsdann dieselben durch Kreise mit endlichen Halbmessern, so erhält man

einen Mechanismus, der, wie Fig. 22 zeigt, genau dasselbe Bildungsgesetz besitzt wie der frühere (Fig. 20 u. 21), sich aber hiervon dadurch unterscheidet, daß das Glied c schwingende Bewegungen um einen festen Drehpunkt vollführt, die gemäß der ganzen Entwickelung periodisch unterbrochen werden. Das Glied c ist aus konstruktiven Gründen in zwei gegen einander einstellbare Teile zerlegt, die auch elastisch-nachgiebig angeordnet sein können. Die Wälzflächen an den Gliedern a und c werden unter Benutzung der Polbahnen des Mechanismus und unter Anwendung der Theorie der allgemeinen Verzahnung geformt. Es erscheint zweckmäßig, die eine Wälzfläche an c

Anwendung auf Dampfmaschinen-Steuerungen.

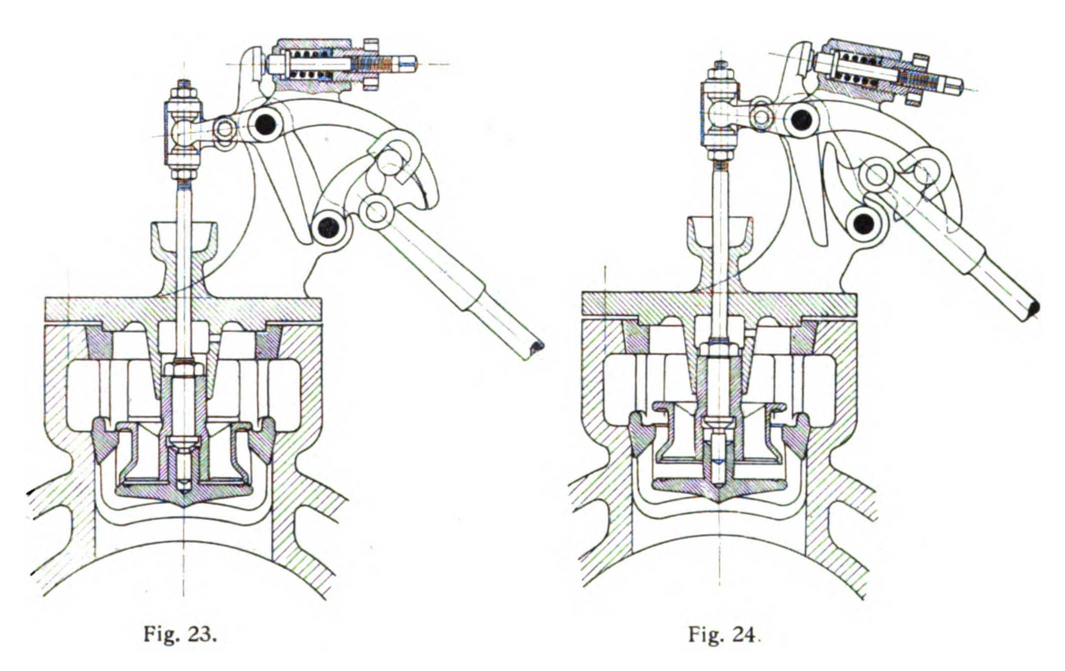


Fig. 23. Fig. 24.

geradlinig und die andere an a kreisbogenförmig zu machen. Dies gelingt mit großer Annäherung, obwohl die beiden Linien theoretisch Kurven sechsten Grades darstellen, durch Anwendung der höheren Berührungsprobleme.

In Fig. 23 ist die Anwendung des so erhaltenen Getriebes auf eine Dampfmaschine liegender Bauart dargestellt. Es ist hierbei zu bemerken, daß die Ventilspindel durch eine umgekehrte Geradführung gerade geführt ist. Die Einstellung verschiedener Füllungen geschieht mit Hilfe irgend eines bekannten Mechanismus, der zwischen die Steuerwelle und das erstere Getriebe eingeschaltet ist. Die Fig. 24 zeigt eine andere Position des Getriebes.

Die ausgehängten Zeichnungen zeigen die Anwendung der Steuerung auf einen Gasmotor von 600 PS. Die Darstellungen lassen erkennen, daß die Steuerung für die Ausführung noch verhältnismäßig ungewohnte und komplizierte Formen besitzt, die sich aber größtenteils durch einfache ersetzen lassen.

Aus dem Mechanismus nach Fig. 22 läßt sich nämlich eine weitere Mechanismengruppe herleiten, die der vorigen zwar verwandt ist, doch eine neue Lösung der Aufgabe darbietet. Dieser neuen Mechanismengruppe habe ich — um ihr Wesen und ihre kinematische Ableitung anzudeuten — den Namen „Sperrkurbelgetriebe" beigelegt. Man gelangt zu einem solchen, wenn an Stelle des Rollgliedes b der Fig. 22 eine Koppel b tritt, welche wie die Figuren 25 bis 27 zeigen, mit c[1] durch ein Zylinderpaar verbunden ist. Das Glied c wird mit dem zu ihm gehörigen c nur verbunden, wenn das Ventil bewegt

Sperrkurbelgetriebe I. Art (Hartmann).

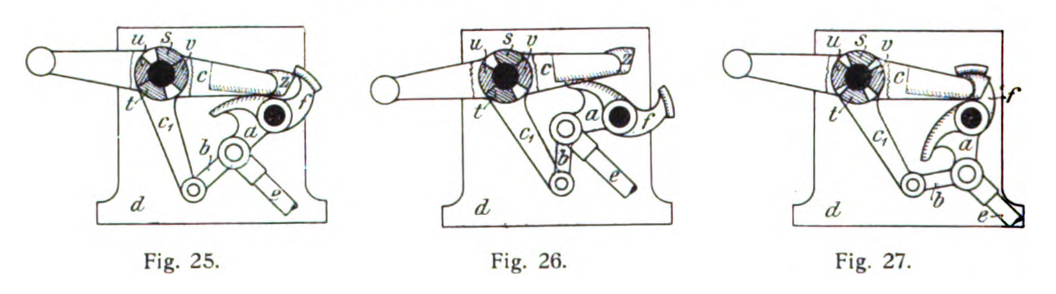


Fig. 25. Fig. 26. Fig. 27.

werden soll, alsdann legen sich die Klauen s und t des Hebels c[1] an entsprechende u und v des Hebels c[1], welch letzterer in der früheren Weise von dem Wälzhebel a angetrieben wird. Fig. 26 zeigt, wie die Treibung erfolgt; die beiden Glieder c und c[1] bewegen sich genau so wie früher, nämlich als ob sie ein einziges Stück bilden. Der Anhub wird durch das Glied a, der Rückgang durch das Glied b erzwungen, in beiden Fällen liegen die Kupplungen hart aneinander. Ist die Ruhelage wieder erreicht, so wird der Hebel c von einer Zugklinke f festgehalten, und es bewegen sich jetzt die Glieder a, b, c gegenüber dem Gliede d ohne Arbeitsübertragung (Fig. 27).

Bei dieser Ausführungsform reibt sich während der Ruhelage des Gliedes c — c[1] die Zugklinke f auf dem Sperrzahn z. Der Reibungswiderstand wirkt rückwärts auf einen etwa eingeschalteten Regulator schädlich ein. Um den Rückdruck zu beseitigen, ist die Sperrung in den Figuren 28 bis 30 durch ein Präzisionsgesperre ersetzt, welches in der Mittellage auf ganz kleinem

Bogen ein oder ausgerückt wird. Die Abmessung der Glieder ist dabei so getroffen, daß die Sperrklinke f frei über den Zahn z hinweg bewegt wird, und daß letzterer sich erst anlegt, wenn f seine richtige Lage eingenommen hat. Bei der Lösung des Gesperres wird zunächst der Sperrzahn z etwas abgerückt, und zwar um den Bruchteil eines Millimeters und alsdann f ausgerückt. Der Mechanismus ist in dieser Beziehung der freigehenden Ankerhemmung

Sperrkurbelgetriebe II. Art (Hartmann).

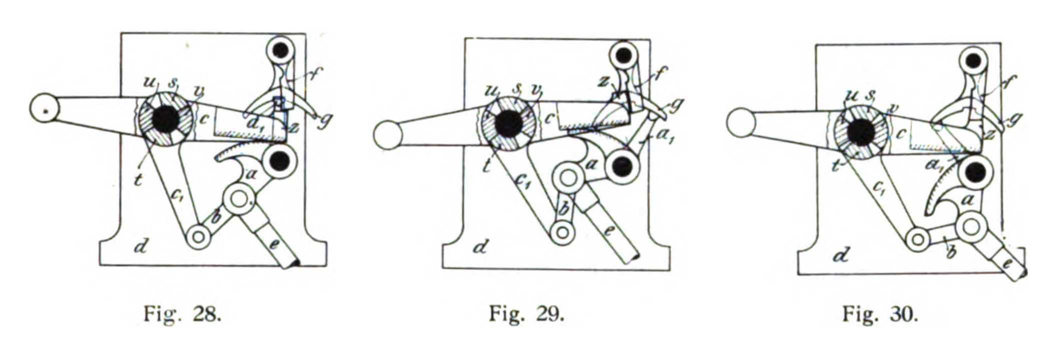


Fig. 28. Fig. 29. Fig. 30.

der Taschenuhren nachgebildet. Ich habe deswegen Steuerungen, die mit diesem Mechanismus versehen sind, den Namen „freigehende Steuerungen" beigelegt.

Fig. 31 ist die Abbildung eines Modelles einer Steuerung für eine 300 PS.-Gasmaschine. Fig. 32 zeigt den Querschnitt der wirklich ausgeführten Maschine. Beide lassen erkennen, daß der Paarschluß vollkommen erreicht ist. Die Anordnung ist mit Absicht so getroffen, daß nach Lösung des Spindelkopfes das Ventil nebst Ventilkorb etwa zum Zwecke des Nachschleifens herausgenommen werden kann, ohne an der Steuerung etwas zu verändern. In den Abbildungen ist die umgekehrte Geradführung zu erkennen, wie auch eine Vorrichtung, welche zur Feineinstellung des Ventils während des Betriebes dient. Die letztere besteht aus einem durch Schraube ohne Ende angetriebenen Schraubengetriebe, wodurch man die Länge zwischen Ventilteller und Spindelkopf verändern kann.

Nachdem der Paarschluß hergestellt ist, wirken in der Steuerung nur noch die Massenbeschleunigungen.

Das Diagramm für die Bewegungsfeder einer Steuerung alter Art, nämlich einer 300 PS.-Gasmaschine, ist in dem Trapez Fig. 33 dargestellt. Es bedeutet darin $0\,x_1$ den Ventilhub, $0\,y_0$ die Anfangsspannung der Feder von

rund 300 kg, $x_1 y_1$ die Endspannung von 390 kg. Die Trapezfläche stellt die zu überwindende Federungsarbeit dar, die vollständig beseitigt wird.

Die Massenbeschleunigung vollzieht sich nach Maßgabe des Bewegungsgesetzes der Steuerung. Das entsprechende Diagramm einer für dieselbe Gasmaschine entworfenen Steuerung meines Systems enthält Fig. 34, auf den Weg bezogen, die Kurven für Geschwindigkeit und Beschleunigung. Um

Modell einer freigehenden Ventilsteuerung (Hartmann).

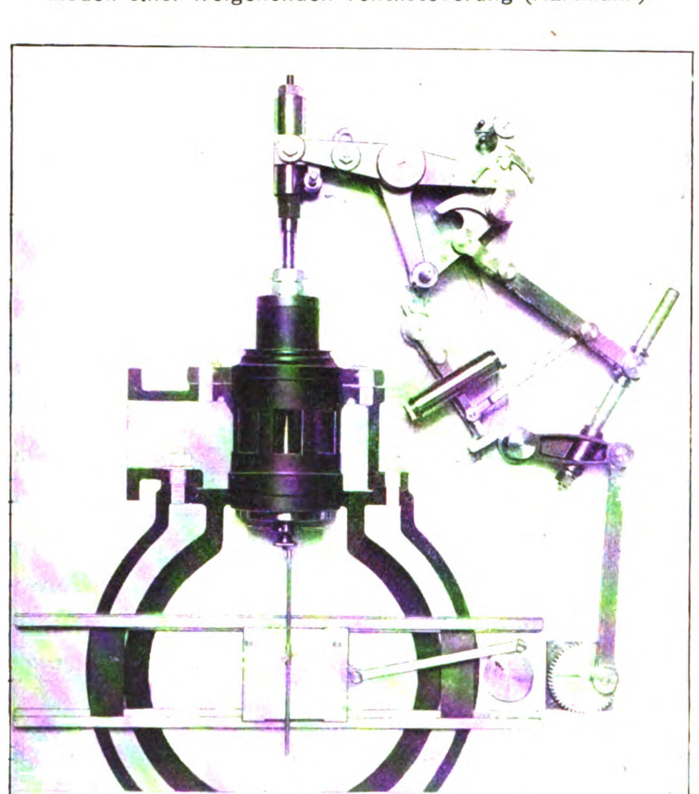


Fig. 31.

die Beschleunigungsarbeit zu finden, sind die linearen Beschleunigungen mit den Massen zu multiplizieren. Die Beschleunigungskurve ist aus dem Mechanismus mit Hilfe einer neuen Methode abgeleitet.

Da das Ventil senkrecht auf und ab bewegt wird, so steht es noch unter dem Einfluß der Erdbeschleunigung von 9,81 m/sec². Um diesen Betrag muß die Ordinatenachse nach der positiven Seite verschoben werden. $0'$—x' stellt die neue Ordinatenachse dar. Die Ventilmasse ist nur auf dem kleinen

Wege 0′—M zu beschleunigen, dagegen auf dem größeren Wege M—x′ zu verzögern. Die größte Verzögerung findet am Ende des Hubes statt, sie be-

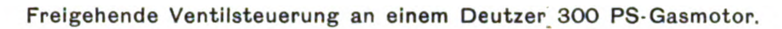

Freigehende Ventilsteuerung an einem Deutzer 300 PS-Gasmotor.

Fig. 32.

trägt hier rund 20 m/sec.[2]. Bei der angenommenen Ventilmasse entspricht ihr eine Kraft von rund 180 kg.

Obgleich hier also bereits eine Reduktion der das Steuerungssystem beanspruchenden Kräfte von rd. 390 kg (Fig. 33) auf rd. 200 kg stattgefunden hat, so ist die Beanspruchung dennoch reichlich groß, sie kann aber durch

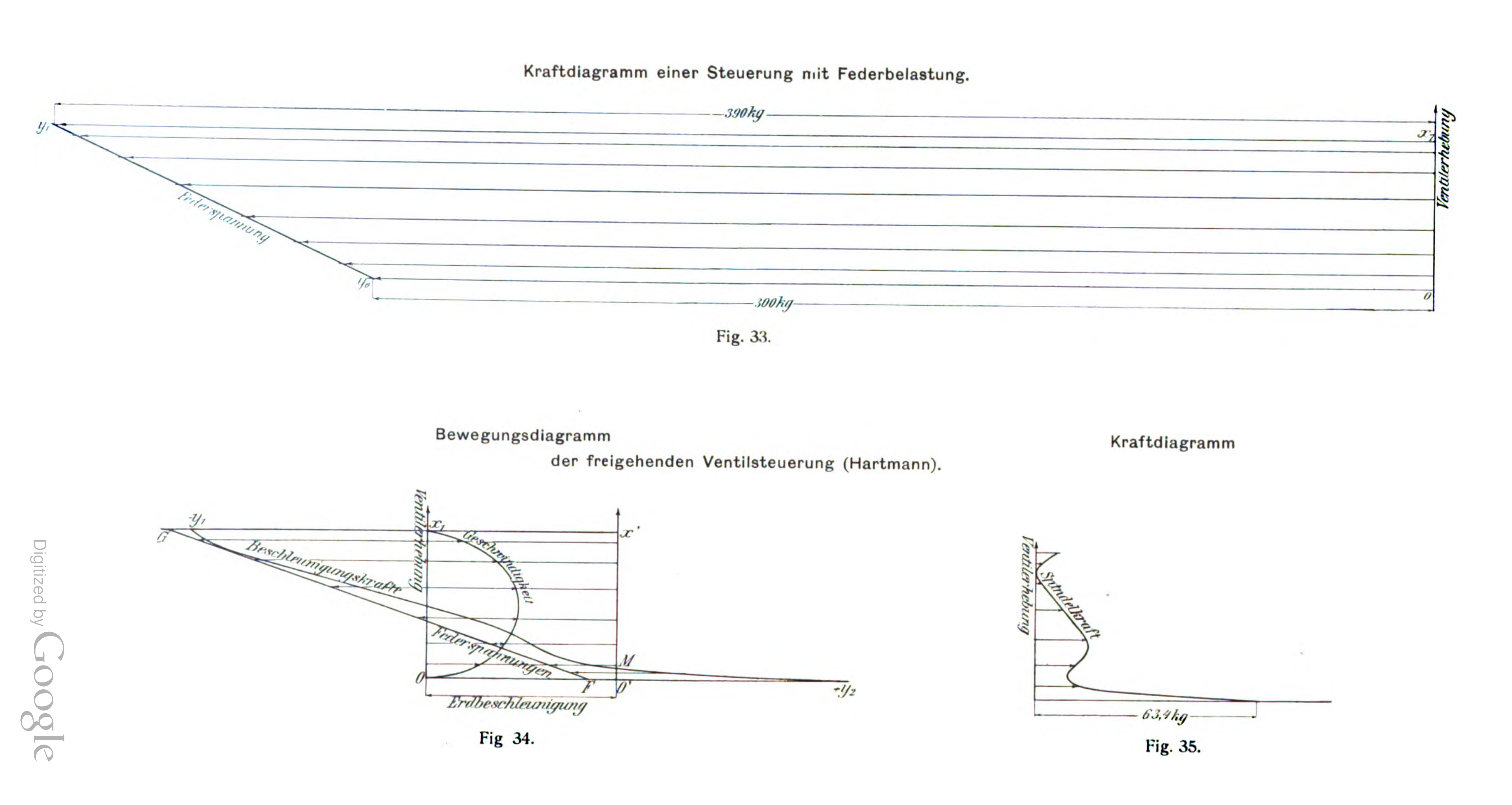


Fig. 33.

Fig 34.

Fig. 35.

einen weiteren Kunstgriff noch erheblich vermindert werden. Dieser besteht darin, daß die Verzögerungsarbeit, welche das Gestänge unnötig belastet, in einem Spannwerk aufgespeichert und bei der umgekehrten Bewegungsrichtung an die Ventilmasse wieder abgegeben wird. Solche Spannwerke können durch Federn, Luftpuffer und dergl. mehr gebildet werden. Im vorliegenden Falle eignet sich dazu am besten eine Feder, weil sich deren trapezförmiges Arbeitsdiagramm 0′ F G x′, Fig. 34, am besten der vorliegenden Form des Verzögerungsdiagramms anpaßt. Nach Einfügung eines solchen Spannwerkes reduziert sich die Beanspruchung auf die Differenz der beiden Diagramme. Diese ist nunmehr, wie Fig. 35 zeigt, so klein geworden, daß sie von dem Regulator mit Sicherheit beherrscht werden kann. Die größte Kraft ist jetzt beim Öffnen des Ventils notwendig. Allein hierbei befinden sich die beiden Glieder a und b des Mechanismus in oder nahe der Strecklage, und da die Glieder a und b einen Kniehebel bilden, so kommt gerade jetzt auf die Schubstange e nur ein sehr geringer Bruchteil der Beanspruchung in der Ventilstange. Ich darf daher mit vollem Rechte behaupten, daß die Steuerung für die Hubperiode gleichsam völlig entlastet ist. Da sie außerdem bei der Umschaltung, wie oben nachgewiesen ist, freigehend ist, so entlastet sie die Steuerwelle und alle damit verbundenen Getriebe, wie auch insbesondere den Regulator, von allen schädlichen Beanspruchungen.

An meinem Modell ist der Regulator durch einen besonders konstruierten Indikator ersetzt, woran man erkennen kann, daß die Steuerung in der Tat für eine bestimmte Umdrehungszahl annähernd kraftfrei ist. Die Wertgrößen des Beschleunigungsdiagramms sind natürlich unmittelbar von der Umdrehungszahl der Maschine abhängig, und dieser entsprechend muß die Ausgleichfeder eingestellt werden, damit deren Arbeitsdiagramm sich möglichst mit dem Beschleunigungsdiagramm deckt.

Der Regulator kann jederzeit einwirken, da seine Verstellkraft stets größer gehalten werden kann als die äußerst geringen auf ihn einwirkenden Rückdrucke. Die von der Deutzer Gasmotoren-Fabrik ausgeführte Maschine hat die Richtigkeit der vorgetragenen Schlußfolgerungen bestätigt, und auf Grund dieser Tatsachen glaube ich eine paarschlüssige Ventilsteuerung vorlegen zu können, die auch mit voller Sicherheit bei einer Maschine auf dem schwankenden Fundament eines Schiffes angewandt werden kann. Denn nicht nur das Öffnen, sondern auch das Schließen des Ventils wird unmittelbar und ohne Zuhilfenahme von Bewegungsfedern durch das



Steuerungsgetriebe in stetigem Zusammenhange mit dem Hauptgetriebe paarschlüssig vollzogen, und die Sicherung der Ruhelage des geschlossenen Ventils wird nicht der Wirksamkeit einer Bewegungsfeder überlassen. Die zur Erzeugung elastischer Nachgiebigkeit etwa vorhandenen Federn können darum ohne Nachteil so stark wie nur irgendwie erforderlich gemacht werden. Ferner können störende Massenkräfte nicht die Gesetzmäßigkeit der Ventil-

Doppelt wirkende Viertakt-Gasmaschine.

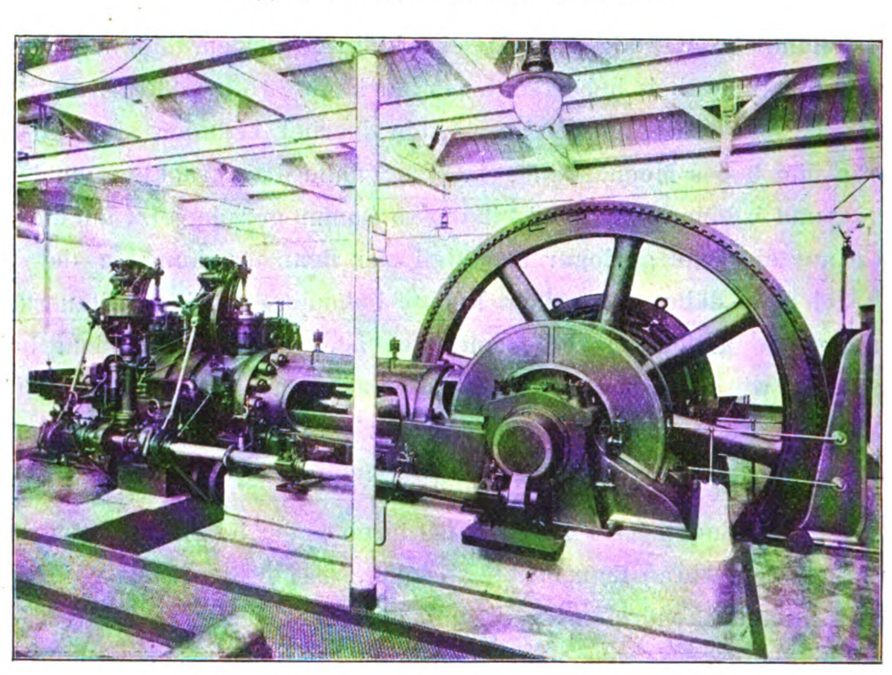


Fig. 36.

bewegung schädlich beeinflussen, sie werden überdies bezüglich der Gestängemassen kleiner ausfallen, da diese infolge der ganz erheblich geringeren Kräfte in dem Steuerungssystem selbst geringer gehalten werden können. Auch für den Dauerbetrieb wird die Steuerung, da sie kraftfrei ist, sich besser eignen als die bisherigen belasteten Steuerungen.

In der von mir gezeigten Richtung dürften also diejenigen Schwierigkeiten und Bedenken, die etwa gegen den Versuch der Anwendung eines Gasmotors als Schiffsmaschine sprechen könnten, hinsichtlich der Steuerung beseitigt sein. Und nunmehr dürfte es möglich sein, an die Überwindung der

anderen vorhandenen Schwierigkeiten heranzutreten, insbesondere auch die Umsteuerungsfrage in Angriff zu nehmen.

In Fig. 36 bis 38 ist die von der Deutzer Gasmotorenfabrik hergestellte mit meiner Steuerung ausgerüstete Gasmaschine von 300 PSe nach photographischen Aufnahmen dargestellt.

Freigehende Steuerung der doppelt wirkenden Viertakt-Gasmaschine.

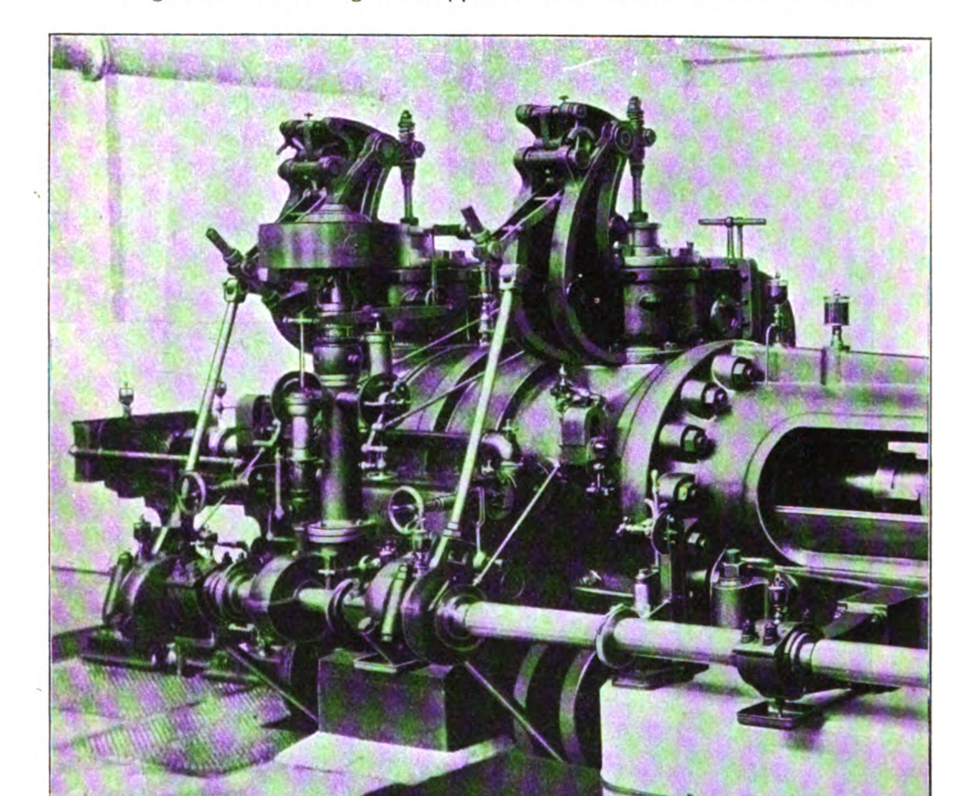


Fig. 37.

Fig. 36 zeigt die Gesamtansicht der doppelt wirkenden Viertakt-Gasmaschine. Die Anordnung entspricht vollkommen derjenigen einer Ventildampfmaschine mit geschlossenem Rahmen für die Geradführung und seitlich liegender Steuerwelle. Die Drehung der Kurbelwelle wird durch Schraubenräder im Verhältnis 2 : 1 auf die Steuerwelle übertragen. Der auf besonderen Tragfüßen ruhende Zylinder ist durch Verschraubung zentrisch mit dem

Rahmen verbunden, wodurch die konaxiale Lage dieser beiden Teile gesichert wird.

Die Figuren 37 und 38 zeigen die Steuerung in größerem Maßstabe. Die Steuerwelle trägt vier Steuerexzenter, zwei für den Einlaß von 55 mm und zwei für den Auslaß von 65 mm Exzentrizität. Die Auslaßexzenterstangen

Freigehende Steuerung der doppelt wirkenden Viertakt-Gasmaschine.

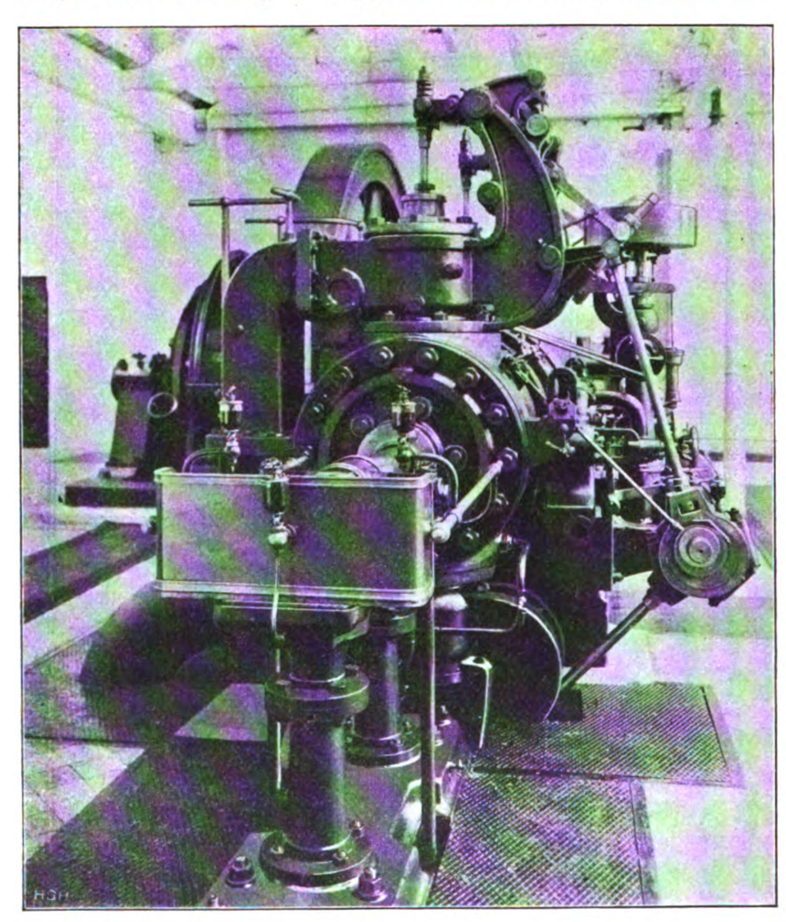


Fig. 38.

wirken unmittelbar auf Getriebe nach Art der Figuren 25 bis 27, die Einlaßexzenterstangen unter Einschaltung einer Kulisse für die Füllungsänderung auf Getriebe nach Art der Figuren 28 bis 30. Der Regulator verstellt die Lage des Kulissensteines und ändert dadurch die Füllung. Die Regulierung geschieht also durch Drosselung der Kraftgase.

Die Bewegungs- und Kraftdiagramme (Fig. 34 und 35) gelten für den

normalen Hub von 40 mm der Ventile. Die Spindelkräfte (Fig. 35) werden durch den Kniehebel des Getriebes (Fig. 28 bis 30) reduziert auf die zur Kulisse führende Koppelstange übertragen. Der Rückdruck auf den Regulator ist verschwindend klein, die Steuerung mithin praktisch vollkommen entlastet.

In Fig. 38, Seitenansicht, ist oben an der Spindel die umgekehrte Geradführung zu erkennen; nach Lösung der Verbindungen dieser mit der Spindel können, ohne daß sonst die Steuerung berührt wird, der Ventildeckel und darauf der Ventilkorb und das Ventil zwecks Reinigung oder Nachschleifens herausgenommen werden.

Die Maschine läuft seit Anfang Oktober im Dauerbetriebe (Tag und Nacht); die Steuerung hat allen Anforderungen entsprochen, so läßt sich jetzt schon an dem Zustande der für die Abnutzung empfindlichen Teile, insbesondere der Schraubenräder, die noch keine Spur davon zeigen, erkennen, daß die Entlastung eine vollständige ist. Dasselbe bestätigt der geräuschlose ruhige Gang; der letztere ist gleichzeitig ein Beweis für die Richtigkeit der zur Anwendung gelangten Prinzipien, wie für die Vortrefflichkeit der Ausführung der ganzen Maschine durch die auf diesem Gebiete in erster Linie stehende Deutzer Gasmotorenfabrik.

Diskussion.

Herr Professor Leist-Berlin (Gast):

Ich beabsichtige nicht auf den sehr geistreichen Mechanismus, den Herr Professor Hartmann eben besprochen hat, selbst einzugehen, wohl aber auf eine von ihm gemachte Bemerkung über die Steuerungsdaumen, die unrunden Scheiben, die, wie er sagt, sehr ungünstige Eigenschaften haben. In mancher Beziehung trifft dies zweifellos zu. Aber in einer Hinsicht muß ich dem Herrn Vorredner widersprechen. Die Beschleunigungsverhältnisse, die er hier an einem Beispiel erörtert hat, brauchen nicht immer in dieser Weise ungünstig zu sein, und gerade die Beschleunigungsverhältnisse sind doch immerhin der Haupteinwand, den er gegen die Steuerungsdaumen erhoben hat. Ist die Beschleunigung eine sehr große, so treten, da nicht unbedeutende Massen der äußeren Steuerung zu beschleunigen sind, beträchtliche Kräfte auf, die auf eine Zerstörung des Daumens hinwirken und die andererseits am Ende des Aufgangs und beim Beginn des Niedergangs von den Ventilfedern geleistet werden müssen. Diese Federn fallen infolge davon häufig außerordentlich schwer aus, oder sie werden auch nicht schwer genug ausgeführt, sodaß ein Abspringen der Rolle von dem Daumen stattfindet.



Diese nachteiligen Erscheinungen sind allerdings eine Folge ungünstiger Beschleunigungsverhältnisse; aber die Beschleunigungsverhältnisse brauchen nicht so ungünstig zu sein. Es waren spezielle Beispiele, die Herr Professor Hartmann anführte und bei denen Beschleunigungen von 160 m pro sec.^{2} und mehr auftraten. Diese Verhältnisse sind gerade bei den Daumen zu beherrschen, und ich betrachte eben diese Möglichkeit als einen besonderen Vorteil der unrunden Scheiben im Gegensatz zu jedem aus niederen Elementenpaaren zusammengesetzten Mechanismus. Gerade der Daumen hat die Eigenschaft, daß wir bei ihm das Bewegungsgesetz vollkommen in der Hand haben. Es liegt hier kein Mechanismus vor, der uns infolge eines bestimmten, geometrischen Zusammenhanges dieses Gesetz vorschreibt, und wir sind daher in der Lage, dadurch, daß wir die Anhub- und die Ablaufkurve entsprechend gestalten, ganz bestimmte Beträge der Wege, der Geschwindigkeiten und infolge davon der Beschleunigungen herbeizuführen.

Ich weiß, in der Praxis hat man diese Verhältnisse bisher nicht genügend beachtet. und die Folge davon ist, daß tatsächlich in vielen Fällen — ich habe auch einige Beispiele durchgerechnet — außerordentlich hohe Maximalbeträge der Beschleunigung auftreten. Aber wir brauchen ja nicht den Weg zu gehen, daß wir eine bestimmte Daumenkurve als gegeben auffassen; wir können umgekehrt die Beschleunigungsverhältnisse als gegeben zu Grunde legen. Nehmen wir die Spannung der Feder konstant an, so wird es das Richtige sein, daß in der Hauptsache unveränderliche Beschleunigung und darauf unveränderliche Verzögerung gegeben wird; doch können wir davon auch beliebig abweichen. So können wir den Betrag der Beschleunigung unter Berücksichtigung eines bestimmten, vorgeschriebenen Hubes auf einen möglichst kleinen Wert zurückführen, wie wir ihn mit keinem aus niederen Elementenpaaren bestehenden Mechanismus erreichen können. Es herrscht dann fortwährend der Mittelwert der Beschleunigung: er wird nicht willkürlich überschritten, kein einzelner Maximalwert tritt auf. Indem wir so von den Beschleunigungsverhältnissen ausgehen, können wir rückwärts schließend in einfacher Weise, mit Hilfe höchst elementarer Rechnungen oder graphischer Ermittelungen, diejenige Form des Daumens feststellen, welche erforderlich ist, um diese im Voraus bestimmten Beschleunigungen herbeizuführen. Gerade in dieser Möglichkeit einer beliebigen Wahl der Kurven im Gegensatz zu den Mechanismen, durch welche uns ein Bewegungsgesetz in ganz bestimmter Weise vorgeschrieben ist, sehe ich einen großen Vorzug des Daumens.

Ein Nachteil liegt bei der unrunden Scheibe gegenüber dem von Herrn Professor Hartmann aufgestellten, auch für die Schlußbewegung zwangläufigen Mechanismus darin, daß der Schluß, wie auch sonst im allgemeinen bei den bisherigen Ventilsteuerungen, indirekt durch die Kraft einer Feder gesteuert wird. Doch können wir immerhin die Feder, wenn wir nur die Beschleunigungsverhältnisse richtig durchschauen, entsprechend kräftig dimensionieren.

In einem Punkte muß ich dem Herrn Vorredner allerdings Recht geben, daß nämlich bei dem Daumen die Verhältnisse, wie wir sie verwirklicht wünschen, nicht völlig genau, ich möchte sagen mit recht geringer Genauigkeit, tatsächlich herbeizuführen sind. Wenn man bei der Herstellung auch nur um kleine Bruchteile von Millimetern von der Schablone, die man verwirklichen will, abweicht, so kann dies für die Beschleunigungen recht weitgehende Abweichungen zur Folge haben. Immerhin, setzen wir eine Abweichung von 20 oder selbst 40% im Betrage der Beschleunigung voraus, so bleiben wir damit doch, wenn wir von vornherein die Daumenform entsprechend gewählt haben, weit unter demjenigen Maße, welches bei willkürlicher Wahl der Daumenkurven, etwa bei Zusammensetzung derselben aus zwei Kreisbogen, auftreten wird.

Es wäre nun eigentlich meine Pflicht, das, was ich hier als Behauptung ausgesprochen habe, nachzuweisen. Das kann ich nicht; ich habe keine Vorbereitungen getroffen und bin

daher nicht in der Lage, einige diesbezügliche Diagramme projizieren zu lassen. Ich muß mich also auf eine bevorstehende Veröffentlichung, die auch diesen Gegenstand berührt, berufen. Es ist dies die in den nächsten Wochen erscheinende zweite Auflage meines Buches „Die Steuerungen der Dampfmaschinen“. Hier bin ich bei der Behandlung der Daumensteuerung auch gerade auf diese Verhältnisse eingegangen, die übrigens ja nicht nur für die Dampfmaschine allein, sondern in gleicher Weise auch für den Gasmotor in Betracht kommen. Ich habe in dem Buche auch eine „Normalwegkurve“ aufgestellt, welche, wenn die Verhältnisse nicht ganz außergewöhnliche sind, in jedem Falle, natürlich unter Reduktion durch Multiplizieren aller Ordinaten mit einem bestimmten, konstanten Faktor, auf die Daumenform führt, welche für den gegebenen Ventilhub und die gegebene Umdrehungszahl möglichst geringe Beträge der Beschleunigung zur Folge hat.

Herr Professor W. Hartmann-Berlin.

Ich habe zwecks Abkürzung meines Vortrages einige Bilder nicht vorgeführt, wobei ich annahm, daß auch ohne diese meine Erörterungen verständlich bleiben würden. Vielleicht ist hierdurch bei meinem verehrten Herrn Kollegen die Meinung entstanden, daß ich die von ihm berührte Frage nicht eingehend untersucht und geprüft hätte. Das ist aber geschehen und ich führe hier beispielsweise eine Kurvenscheibe vor, bei welcher der Nocken nach einer Polarsinoïde geformt ist. Daß die Begrenzung der Schubkurve tatsächlich sinoïdische Gestalt hat, ergibt sich für die Kenner der Sache aus den hier abgebildeten Polbahnen. Das polare Wegdiagramm, d. i. das Verhältnis der Wege zu den Zeiten, ist in der Schubkurve unmittelbar ausgedrückt; das Geschwindigkeitsdiagramm wird durch die Polbahnen dargestellt.

Wenn man aber eine solche Sinoïde, die — wie ich besonders hervorheben möchte — dem von ihr angetriebenen Gestänge die denkbar beste Schwingung erteilen würde, ausführen will, so muß man mit den Fehlern rechnen, die ich vorhin an den Zahnrädern illustriert habe. Es gibt keine Werkzeugmaschine, die eine solche Polarsinoïde ganz genau ausführen könnte, was aber erforderlich sein würde, damit das verlangte Bewegungsgesetz wirklich zum Vorschein kommt. Wir müssen uns daher mit ausführbaren Annäherungen begnügen, welche meist so hergestellt werden, daß die Sinoïde durch einen aus zwei Kreisbögen zusammengesetzten Korbbogen ersetzt wird. Ich führe hier eine solche Annäherung im Bilde vor, und zwar wie ich sie in der Praxis gefunden habe. Wenn man die beiden Scheiben, die sinoïdische und die korbbogenförmige, aufeinanderlegt, dann findet man nur ganz winzige Unterschiede zwischen deren Begrenzungen. Die Abweichungen der beiden Kurven von einander sind an den hauptsächlich in Betracht kommenden Stellen kleiner als $^1/_2$ mm. Und trotzdem verursachen die beiden Kurvenscheiben ganz verschiedene Bewegungsverhältnisse.

Wenn man das Bewegungsgesetz der ersten Scheibe auf die Zeit bezieht, so ist das Wegdiagramm eine Sinoïde, das Geschwindigkeitsdiagramm eine Cosinoïde und das Beschleunigungsdiagramm wiederum eine Sinoïde. Das letztere Diagramm ist das wichtigste, denn es gibt unmittelbar den Verlauf der Kraft an, die zur Beschleunigung des Gestänges notwendig ist.

Nun läßt sich aber leicht zeigen, daß ganz geringe Veränderungen der Wegkurve, und zwar solche die kleiner sind als $^1/_5$ mm, den Verlauf der Beschleunigungskurve ganz wesentlich verändern. Um diese Tatsache anschaulich zu machen, führe ich hier ein Diagramm vor, in dem die Beschleunigung nach einer geraden Linie abnimmt; die Geschwindigkeitskurve ist eine Parabel und die Wegkurve wird analytisch dargestellt durch eine Gleichung dritten Grades. Ihre Ordinaten unterscheiden sich von denjenigen der Sinoïde um Beträge, die kleiner sind als $^1/_5$ mm. Die Beschleunigungen haben aber einen ganz anderen Verlauf als im ersten Falle.



Wird die sinoïdische Wegkurve des ersten Falles durch einen Korbbogen ersetzt, so kommt das Diagramm (Fig. 17) zum Vorschein, dessen Beschleunigungskurve den gerügten höchst schädlichen Sprung enthält, der die vorhin von mir hervorgehobenen Stöße verursacht.

Und das alles wird durch winzige Formabweichungen bewirkt, auf die man meines Wissens in der ausführenden Technik bisher gar kein Gewicht gelegt hat!

Selbst wenn es möglich wäre, die Schubkurven für ein bestimmt angenommenes Bewegungsgesetz genau herzustellen, so würde dennoch eine solche Scheibe bereits nach kurzem Gebrauch deformiert werden und alsdann eine ganz andere aber schlechtere Bewegung hervorbringnn, wie dieses tatsächlich an Gasmotoren und ähnlichen Maschinen, beispielsweise den Motoren von Automobilen beständig beobachtet wird. Aus allen diesen Gründen kann ich den Kurvenscheiben durchaus nicht dasjenige Lob zuerkennen, das Herr Professor Leist ihnen gespendet hat.

Herr Marine-Baumeister Grauert-Danzig:

Der Herr Vortragende hat in geistvoller Weise eine Reihe von Ventilsteuerungen vorgeführt und auf Grund eingehender, kinematischer Deduktionen die Vorzüge und Nachteile der einzelnen Steuerungen erläutert. Er hat jedoch nicht die Aufgabe gelöst, die er sich in dem Thema selbst gestellt hat, nämlich die Verwendbarkeit derartiger Steuerungen für Schiffsmaschinen nachzuweisen. Ich glaube, daß das, was wir hier an Modellen und Zeichnungen gesehen haben, nicht dazu angetan ist, die Abneigung, die in allen Fachkreisen gegen die Verwendung von Ventilsteuerungen für Schiffsmaschinen herrscht, zu besiegen. Um ferner ein Urteil zu gewinnen, ob diese neuen Konstruktionen geeignet sind, der Ventilsteuerung ein Feld für die Verwendung bei Schiffsmaschinen zu öffnen, dazu wäre es notwendig gewesen, auch die Konstruktion der Schiffsmaschinen in den Kreis der Betrachtung zu ziehen und vor allen Dingen zu zeigen, wie sich diese komplizierten Mechanismen den Schiffsmaschinen und den Raumverhältnissen an Bord anpassen, wie die Umsteuerung erreicht wird und dergleichen.

Aber selbst, wenn es gelingt, diese Aufgaben in befriedigender Weise zu lösen, so kann damit die Ventilmaschine noch nicht in Konkurrenz treten gegen die Turbine, wie der Herr Vortragende im Beginn seiner Ausführungen anzunehmen schien. Was die Turbinen hoch über alle Kolbenmaschinen stellt, das ist der einfache Vorgang in der Maschine selbst, die ausschließliche Verwendung rotierender Massen, der Verzicht auf jede hin- und hergehende Bewegung.

Bei der Ventilsteuerung behalten wir die hin- und hergehenden Massen wie bei jeder Kolbenmaschine und nehmen als neuen Nachteil noch den komplizierten Mechanismus der Steuerung hinzu. Daß bei letzterem große Abnutzungen nicht vermeidbar sind, wird wohl jeder befürchten, der die vorgeführten Modelle gesehen und gehört hat, welch ein klapperndes Geräusch bereits ein so kleines Modell hervorruft. Man übersetze diese Verhältnisse ins Große und denke sich dann den Betrieb einer verhältnismäßig schnell laufenden Schiffsmaschine von 6 bis 10000 Pferdestärken. Ich glaube, daß ein derartiger Betrieb weder für das Personal angenehm, noch besonders zuverlässig sein würde.

Ein Eingehen auf die Einzelheiten der Konstruktion würde zu weit führen. Ich wollte, wie gesagt, ausdrücklich hervorheben, daß der Beweis, daß mit dieser Steuerung ein neuer Schritt für die Verwendung der Ventilmaschinen an Bord von Schiffen getan sei, von dem Herrn Vortragenden nicht angetreten ist.

Herr Ingenieur Ott-Berlin:

Gestatten Sie mir, den hochinteressanten Ausführungen des Herrn Professor Hartmann einige ergänzende Bemerkungen hinzuzufügen, indem ich Ihre Aufmerksamkeit nicht auf die äußere Steuerung, sondern auf das eigentliche Steuerorgan, das Ventil lenken möchte.



Die ständige Steigerung der Kesselspannung, wie sie die Entwickelung der letzten 15 bis 20 Jahre gezeitigt hat, ergab aus betriebstechnischen Gründen die Notwendigkeit, den alten Flachschieber, in Form der Penn & Trick-Schieber, wenigstens für den Hoch- und Mitteldruckzylinder zu verlassen und zum entlasteten Kolbenschieber überzugehen. Heute nun, wo unsere vieltausendpferdigen Schiffsmaschinen enormer Dampfmengen zur Arbeitsleistung bedürfen, sind wir inbezug auf die Ausbildung des Kolbenschiebers an der oberen Grenze angelangt; haben doch die Maschinen der „Deutschland“ am H. M. C. bereits einen Kolbenschieber von 1 m Durchmesser. Derartige Organe sind in Herstellung und Betrieb nicht mehr einfach zu nennen. Sie erfordern infolge ihrer großen Masse schwere Gestänge, starke Kulissen mit breiten Exzentern, deren Größe mit Rücksicht auf genügend schnelle Eröffnung und zur Herabminderung der schädlichen Drosselung wiederum sehr bedeutend wird. Die Wirkung der Gewichtsausgleichkolben ist nicht immer gesichert, und die Herstellung der Kolbenschieber aus Aluminium hat sich, außer bei Torpedobooten meines Wissens, nicht eingeführt. Die Teilung des einen Schiebers in zwei kleinere bringt zwar geringere Baulänge, kleinere schädliche Räume und kleinere Exzenter, andrerseits aber wieder Komplikation im Antrieb und Zahl der bewegten Teile. Ein Blick auf einen solchen Dampfzylinder zeigt klar das schreiende Mißverhältnis zwischen Zylinder und Schieberdurchmesser.

Der schwerstwiegende Nachteil des Kolbenschiebers liegt aber noch auf einem anderen Gebiete. —

Während sich in den letzten Jahren der stationäre Dampfmaschinenbau und der Lokomotivbau in richtiger Erkenntnis die enormen Vorteile der Dampfüberhitzung zwecks Hebung des thermischen Wirkungsgrades mit so glänzenden Ergebnissen zunutze gemacht haben, ist im Schiffsmaschinenbau von derartigen Regungen bis heute noch nichts zu spüren. —

Einer der Hauptgründe hierfür ist wohl in dem für Heißdampfbetrieb mit höherer Überhitzung durchaus ungeeigneten Steuerorgan, dem Kolbenschieber zu suchen, der unter dem Einfluß der hohen Temperaturen von etwa 300° C sich leicht verzerrt und frißt, was unter Umständen ein Abreißen der Schieber- und Exzenterstangen, Heißlaufen der Exzenter und andere Havarien zur Folge haben kann. —

Hier nun, wo der Kolbenschieber versagt, ist das Ventil als das geeignetere Steuerorgan am richtigen Platze. — Das Ventil, als Rohrventil mit geraden Sitzflächen ausgebildet, kann sich nicht festklemmen oder fressen, die gleichmäßige und symmetrische Materialanordnung gibt zu Verzerrungen und Undichtheiten keinen Anlaß, es kann soweit entlastet werden als wünschenswert erscheint und so leicht konstruiert werden, daß die in der äußeren Steuerung auftretenden Kräfte, gegenüber den bei den jetzigen Schiebersteuerungen herrschenden, als sehr gering zu bezeichnen sind, zumal da auch die Exzentrizitäten bedeutend geringer ausfallen. Nur andeuten will ich die Wirkung des Ventiles als Sicherheitsventil zur Verhinderung der Wasserschläge, das leichte Aufnehmen und wieder Dichtsetzen der Ventile bei Revisionen, was bei den schweren Schiebern eine meist sehr unangenehme Arbeit ist. —

Die schädlichen Räume werden kleiner, die Abkühlflächen geringer, der schleichende Abschluß ist beim Ventil wesentlich verbessert. —

Der Einwand, daß durch Schrägstellung des Schiffes die Ventile ecken könnten, wird durch die einfache Tatsache entkräftet, daß das Ventil mit seiner Spindel oben und unten gut geführt werden kann.

Werden die Ventile im Durchmesser zu groß, wie dies etwa bei den Niederdruckzylindern unserer Schnelldampfermaschinen eintreten würde, so geht man zum viersitzigen Ventil über, welches man so konstruieren kann, daß etwa eintretende Längendehnungen zu

Undichtheiten nicht führen. Bedenkt man, daß der Niederdruckkolben der großen Vierfachexpansionsmaschinen eigentlich nur im Vacuum arbeitet, so ist es klar, daß große Temperaturdifferenzen für diese Ventile nicht in Frage kommen. Kurz, bei sachgemäßer und auf Grund der jetzt vorliegenden, mehrjährigen Erfahrungen im stationären Heißdampfbetriebe richtig durchgebildeter Detailkonstruktion, wird das Ventil auch den Bordverhältnissen gerecht werden, und es wird dazu beitragen, daß die Schiffskolbenmaschine, welche inbezug auf thermische Bewertung gegenüber ihren Schwestern vom Lande ins Hintertreffen geraten ist, mit diesen wieder gleichbewertet wird.

Inwieweit die Gasmaschine in nächster Zeit sich ein Feld als Schiffsmotor zu erkämpfen vermag, das läßt sich heute schwer sagen. Für sie kommt, das ist aber zweifellos und ja auch schon von Herrn Professor Hartmann ausgesprochen worden, ausschließlich das Ventil als Steuerungsorgan in Frage, eben weil der Energieträger dort auch mit Temperaturen auftritt, denen reibende Schieberflächen in irgend einer Form keinesfalls im Dauerbetriebe standhalten.

„Kaiser Wilhelm II.“

H. D.	950 mm Dm.	s = 1800
M. D. I	1250 „ „	n = 80.
M. D. II	1900 „ „	
N. D.	2850 „ „	

$c_{m.} = 4,8$

$c_{max.} = 7,53$

Ventile.

	H. D.	M. D. I	M. D. II	N. D.
Durchm.	500	600	600/550	900/850
Hub.	23	28	29	35
$V_{max.}$	70	85	100	120
$V_{m.}$				
		Schieber.		
Durchm.	610/590	750	2 × 750	Penn.

Herr Ingenieur K. Merk-Berlin:

Die angeschnittene Frage ist eine technische und darum auch eine wirtschaftliche, deren praktische Inangriffnahme mit dem Nachweise der Wirtschaftlichkeit oder Unwirtschaftlichkeit steht oder fällt. Wie wir gehört haben, zwingt bei Dampfanlagen die Wirtschaftlichkeit des Betriebes zur Anwendung hochgespannten Heißdampfes und dieser zum Ventil als Verteilorgan. Die innere Steuerung ist es also, welche wirtschaftliche Vorteile zu gewährleisten vermag, während die äußere Steuerung mehr betrieblichen Rücksichten, etwa betrieblicher Einfachheit und Sicherheit, Genüge leisten muß. Weil bei Verwendung des Ventiles für Ein- und Auslaß des Dampfes besondere Organe vorgesehen und die Dampfwege getrennt gehalten werden, wird auch eine große Unabhängigkeit in der Dampfverteilung und Dampfführung erreicht und damit zugleich eine Dampfersparnis, namentlich infolge verringerter Eintrittskondensation. Mehr wird jedoch an Dampf, Kohlen und Geld erspart, wenn sich die Dampfüberhitzung hinzugesellt. Ein Nestor unter den Dampfmaschinenkennern, Hrabák, hat kürzlich in seinem Buche über Heißdampfmaschinen ein Beispiel über eine dreizylindrige Kondensationsmaschine genau durchgerechnet und gefunden, daß bei Anwendung von Heiß-



dampf von 350° Celsius gegenüber dem Betriebe mit Sattdampf eine Brennstoffersparnis von 22% erreicht werden kann, wenn mittelbar befeuerte Überhitzer, wie meist üblich, angewandt werden Diese Ausführungen werden in wirkungsvoller Weise unterstützt durch eine Berechnung, welche Herr Professor Freytag in Dinglers Polytechnischem Journal von diesem Jahre in einer beachtenswerten Abhandlung, betitelt „Reformgedanken für eine rationelle Bauart im Schiffsmaschinenbau auf Grund der Fortschritte im Bau ortfester Dampfkraftanlagen", veröffentlicht hat. Aus den Versuchswerten einer Schieber-Schiffsmaschine und einer ortfesten Ventilmaschine mit Heißdampfbetrieb folgt für eine effektive Leistung von 10000 PS eine jährliche Brennstoffkostenersparnis von 176300 Mark oder von 39% bei der Ventilmaschine gegenüber der Schiebermaschine. Mit anderen Worten: die Kohlenkosten verringern sich um 39% bei gleicher Fahrt, oder bei gleicher Kohlenladung gewinnt man einen um 39% vergrößerten Aktionsradius. Mit dem technischen Fortschritte paart sich also ein erheblicher wirtschaftlicher und marinetechnischer Gewinn. Wenn der deutsche Schiffsmaschinenbau demnach nicht von dem Auslande in dieser Hinsicht überflügelt werden soll, muß er die Einführung des Heißdampfbetriebes mit der Ventilmaschine ermöglichen. Versuche könnten auch in der Weise verwirklicht werden, daß man ältere Schiffsmaschinen durch Auswechslung von Zylinder und Steuerung in Ventilmaschinen umbaut, um sich mit geringen Kosten von der wirtschaftlichen Bedeutung der vorliegenden Ingenieuraufgabe zu überzeugen, der sich unsere leitenden Kreise heute kaum mehr verschließen.

Herr Ingenieur Lentz-Berlin:

Es ist hier die Ansicht vertreten worden, daß man zur Einführung der Ventilsteuerung im Schiffsmaschinenbau kaum kommen werde, weil die Dampfturbine die Kolbenmaschine überhaupt verdränge, da sich die Dampfturbine für den Schiffsbetrieb besonders eignet.

Dies, meine Herren, ist bis heute nicht der Fall. Die Ursache hierfür liegt darin, daß bekanntermaßen bei Dampfturbinen sowie bei Turbinen überhaupt (im Gegensatz zu Kolbendampfmaschinen) das Drehmoment von der jeweiligen Tourenzahl abhängig ist und zwar dergestalt, daß dasselbe sowohl bei der normalen Tourenzahl, wie auch bei geringerer Tourenzahl, weit hinter dem der Kolbenmaschine gleicher Leistung zurücksteht.

Die Manövrierfähigkeit eines Schiffes bedingt aber, daß ein großes Drehmoment zur Verfügung steht, um in möglichst kurzer Zeit das Schiff auf seine Geschwindigkeit bringen zu können, bezw. dasselbe zum raschen Halten und Rückwärtsfahren zu veranlassen.

Soll ein Turbinenschiff in dieser Hinsicht einem mit der Kolbendampfmaschine ausgerüsteten gleich kommen, dann müßte erst eine Vorkehrung geschaffen werden, welche gestattet, ohne wesentliche Erhöhung des Dampfkonsums bereits in der Ruhelage des Schiffes ein großes Drehmoment an der Schraubenwelle zu erzeugen.

Dies könnte heute nur dadurch geschehen, daß die Turbine mit ungeheuren Dampfmassen beaufschlagt wird. Um diese Dampfmassen jederzeit verfügbar zu haben, reichen die heute untergebrachten Schiffskessel nicht aus.

Welch große Rolle aber die Manövrierfähigkeit beim Schiffsbetriebe spielt, möge ein kleines Beispiel vor Augen führen:

Nehmen Sie an, bei Nebel, etwa im englischen Kanale, oder beim Durchbrechen einer Torpedoflotille durch ein mit äußerster Kraft fahrendes Geschwader sei die Gefahr eines Zusammenstoßes unerwartet in bedrohliche Nähe gerückt. — Mit dem Kommando: „„Halt! Volldampf rückwärts!"" steht das moderne, mit Kolbenmaschinen betriebene Schiff auf wenige Längen. Eine Katastrophe mit ihren unabsehbaren Folgen ist vermieden.

Ganz anders verhält sich hier die Turbine! — Sie bietet dem rückwärts geschalteten Dampfstrome nicht einen Bruchteil dessen als wirksame Fläche dar, wie die vereinten Kolben der Dampfmaschine sie besitzen.



Die Turbine braucht, um überhaupt zum Stillstande zu kommen, eine wesentlich längere Zeit und eine noch längere, um nun rückwärts zur vollen Kraftentfaltung zu gelangen. — Was bei der Kolbenmaschine infolge ihres großen Drehmomentes in wenigen Sekunden bewerkstelligt wird, bedarf bei der Turbine einer Zeitdauer, die sicherlich in vielen Fällen ein vermeidbares Verhängnis unabwendbar macht! Ja, die Turbine führt in kritischen Lagen eine Katastrophe geradezu herbei!! Infolge der ihr innewohnenden lebendigen Kraft widersteht sie zulange der Einwirkung des Rückdampfes und gehorcht bei ihrem so ungemein geringen Drehmomente nicht schnell genug der steuernden Hand.

Das Kommando: „„Volldampf rückwärts““ wird in solchen Lagen ein in seiner Wirkung wenigstens unausführbares bleiben, weil es bei den heutigen Turbinenkonstruktionen nur schleppend, jedenfalls nie auch nur annähernd mit dem Effekt zur Geltung kommen kann, wie bei der Kolbenmaschine.

Die anwesenden, hierin sachverständigen Herren, die, wie ich, derartige nervenerregende Augenblicke durchlebten, werden nicht die Verantwortung für die ernsten Folgen teilen wollen, die sich häufen müssen, wenn von der glänzenden Wirkungsweise, welche die Kolbenmaschine uns auf See auch in den Sekunden äußerster Not verbürgt, nur auf das Geringste preisgegeben würde.

Sie sehen hier an einem Beispiel, daß es noch wesentlicher Vervollkommnungen an der Dampfturbine bedarf, um dieselbe zur Verwendung als Schiffskraftmaschine geeignet zu machen. Bei der Gründlichkeit und Gewissenhaftigkeit, mit welcher die leitenden Kreise unserer Marine an die Prüfung von technischen Neuheiten herantreten, ist zu erwarten, daß dieselben dem angeführten, schwerwiegenden und grundsätzlichen Mangel der Dampfturbine ihr Augenmerk in besonderem Maße zuwenden, und erst dann an die Einführung von Schiffsturbinen schreiten werden, wenn durch entsprechende Vervollkommnung derselben in der angedeuteten Richtung eine volle Gewähr für die Sicherheit geboten ist.

Herr Kommerzienrat Gotthard Sachsenberg-Roßlau:

Ich wollte den Herrn Ingenieur Ott nur dahin berichtigen, daß bereits eine ganze Reihe von Schiffsmaschinen mit Dampfüberhitzung arbeitet, und zwar auf dem Genfer See schon seit drei oder vier Jahren und auf dem Bodensee seit etwa zwei Jahren, ebenso auch auf der Elbe und Oder seit dem vorigen Jahre. Augenblicklich sind für den Rhein zwei große Radschleppdampfer von 1500 Pferden im Bau, die mit einer Dampfüberhitzung von 350° arbeiten sollen. Es ist von dem einen Schiffbauer ein Dampfverbrauch von 5,2 kg, von dem anderen, der etwas vorsichtiger gewesen ist, ein solcher von 6 kg garantiert.

Ich will auch noch ganz besonders darauf hinweisen, daß man alte Schiffsmaschinen, Compoundmaschinen, auf Räderschiffen sehr gut mit einer Dampfüberhitzung von 230 bis 250° anstandslos arbeiten lassen kann, ohne irgend welche Änderungen zu treffen. Ein solches Schiff ist auf der Elbe seit einem Jahr in Betrieb. Es hat eine Compoundmaschine, die am Hochdruck- sowohl als am Niederdruckzylinder mit Flachschiebern versehen ist. Die Dampfüberhitzung ist dort seit ihrer Einführung permanent in Betrieb, und es haben sich durchaus keine Nachteile gezeigt. (Dampfüberhitzer Patent Gebr. Sachsenberg in Roßlau).

Die Schiffe, die auf dem Bodensee und auf dem Genfer See arbeiten, sind mit dem Dampfüberhitzer von Schmidt in Cassel versehen, derselbe, dessen Überhitzer auch bei den Lokomotiven der Preußischen Staatsbahnen in weitgehender Weise Verwendung gefunden hat.

Also wir sind im Fluß-Schiffbau im besten Gange mit der Dampfüberhitzung. Ich hoffe, im nächsten Jahre Gelegenheit zu haben, gerade über die vorerwähnten beiden großen Radschleppdampfer näheres berichten zu können.



Herr Marine-Baumeister Grauert-Danzig:

Ich bedaure, daß ich durch meine anscheinend mißverstandenen Bemerkungen über die Dampfturbine die Ausführungen des Herrn Lentz hervorgerufen habe. Es würde zu weit führen und aus dem Rahmen des heutigen Themas herausfallen, wenn ich auf dieselben eingehend erwidern wollte. Ich möchte nur zur Richtigstellung hervorheben, daß ich nicht die Dampfturbine als den einzig richtigen Schiffsmotor habe hinstellen wollen, sondern ich habe nur betonen wollen, daß die Überlegenheit der Dampfturbine über die Dampfmaschine nicht aufgehoben werden kann durch die Anwendung einer Konstruktion, wie sie uns heute vorgeführt worden ist.

Was im übrigen die soeben erwähnte Verwendung des überhitzten Dampfes an Bord der Schiffe betrifft, so steht derselben die Verwendung des Kolbenschiebers für die Hauptmaschinen nicht als einzige Schwierigkeit entgegen. Namentlich an Bord von Kriegsschiffen ist es die Rücksicht auf die vielen Hilfsmaschinen, die eine sofortige Einführung des überhitzten Dampfes selbst auf Turbinenschiffen hindert.

Der Vorsitzende, Herr Geheimrat Busley-Berlin:

Herr Ingenieur Lentz hat das Wort. Ich bitte den Herrn Redner aber, nicht weiter über Dampf-Turbinen zu sprechen, weil wir hier über Ventil-Steuerungen verhandeln. — Da Herr Lentz unter diesen Umständen auf das Wort verzichtet, so erteile ich Herrn Professor Hartmann das Schlußwort.

Herr Professor W. Hartmann-Berlin (Schlußwort):

Ich glaube, der Herr Marine-Baumeister Grauert hat die Tendenz meines Vortrages nicht ganz genau erfaßt. Ich habe ausdrücklich den Titel meines Vortrages benannt „Ventilsteuerungen und deren Verwendbarkeit für Schiffsmaschinen". Die Vorführung der hier aufgestellten Modelle von Kurbel- und Exzentergetrieben, die Erwähnung des Muschelschiebers und seiner Anpassungsfähigkeit an Schiffsmaschinen sollten von vornherein dartun, welche bedeutenden Anforderungen an eine Ventilsteuerung für Schiffsmaschinen gestellt werden müssen, die etwa die Schiebersteuerung ersetzen soll. Ich habe auch nicht ausgeführt, daß ich meine hier vorgeführte Steuerung unmittelbar auf Schiffsmaschinen anwenden wollte, sondern ich habe vielmehr gesagt: Wenn der Gasmotor — dessen Ausbildung zur Schiffsmaschine rüstig fortschreitet — zum Betriebe von Schiffen übernommen wird, dann muß mit ihm zugleich auch eine Ventilsteuerung eingeführt werden, weil die Gasmaschinen nicht mit Schiebersteuerung arbeiten können. Gerade mit Rücksicht auf diese Möglichkeit und die daraus entspringende Zwangslage habe ich darauf diejenigen Forderungen erörtert, welche man an eine gute Ventilsteuerung rücksichtlich der Elemente, aus denen sie besteht, stellen muß. Darauf zielten meine ganzen Untersuchungen über die Kurvenscheiben, die Zahnräder usw. und die Minderwertigkeit der höheren Elementenpaare gegenüber den niederen.

Im Verfolg dieser Untersuchungen habe ich alsdann gezeigt, wie man unter vorwiegender Benutzung niederer Elementenpaare mit ganz spärlicher Verwendung höherer Elementenpaare und unter vollständiger Entlastung der letzteren eine in sich geschlossene sog. „paarschlüssige" Ventilsteuerung herstellen kann, die frei ist von den schweren Bewegungsfedern und den dadurch hervorgerufenen schädlichen Pressungen.

Die vollständige Entlastung der Steuerung spielt eine außerordentlich große Rolle, denn sie bewirkt einen vollkommen stoß- und lautlosen Gang und vermindert die Abnutzung. Die Abnutzungen verhalten sich aber wie die Belastungen.

Die Ventilsteuerungen mit Bewegungsfedern können nicht entlastet werden, denn die Belastungen werden gerade durch die Federn hervorgerufen, und sie werden desto größer,



je weiter das Ventil geöffnet wird. Schiebersteuerungen können zwar entlastet, aber nicht von schädlichen Reibungen in dem Maße befreit werden, wie die Ventilsteuerungen. Die letzteren wirken exakter und bedingen daher auch bei Dampfmaschinen einen weit geringeren Dampfverbrauch. Ihre Anordnung paßt sich dem Kraftmittel besser an; allerdings ist sie dafür verwickelter im Aufbau.

Die Anwendung einer Ventilsteuerung auf die umsteuerbaren Maschinen bedingt, daß für jedes Ventil ein besonderes Getriebe vorhanden sein muß, und insofern tritt eine ganz beträchtliche Komplikation in den Bau der Schiffsmaschinen hinein. Ich bin weit davon entfernt, zu sagen, weil hier eine Ventilsteuerung vorliegt, die in sich zwangläufig geschlossen ist und ausgeglichene Bewegungen vollführt, so müßten nunmehr die alten Steuerungen beseitigt und neue eingeführt werden. Im Gegenteil, die alte Schiebersteuerung paßt so vortrefflich in den Aufbau der Schiffsmaschine hinein und hat aus diesem Grunde soviel Vorzüge — das erkenne ich vollkommen an —, daß man sie, wenn keine anderen zwingenden Gründe für ihre Beseitigung sprechen, ruhig beibehalten soll. Wenn uns aber die Verhältnisse dazu zwingen, etwa die Gasmaschine oder die Petroleummaschine oder die Spiritusmaschine für den Schiffsbetrieb einzuführen, so müssen wir eine Ventilsteuerung mit in den Kauf nehmen, und dann muß diese wegen des schwankenden Fundamentes, das der Schiffskörper bietet, den höchsten Anforderungen an Betriebssicherheit genau so genügen, wie die Schiebersteuerung, d. h. der Zwanglauf muß bei ihr im höchsten Maße gesichert sein. Und daß dieses Ziel auch bei Ventilsteuerungen erreichbar sei, sollte durch meine eigene Konstruktion bewiesen werden.

Wenn Herr Grauert weiter bemängelte, daß mein Modell so schön geklappert habe, so ist diese Tatsache ja zunächst gar nicht abzustreiten, aber auch leicht zu erklären: Denn das Modell besteht aus Holz und Eisen; es bildet gewissermaßen ein aufrecht stehendes Reißbrett, an dem einige Teile der Zeichnung beweglich gemacht worden sind. Die Holzplatte bildet aber mitsamt dem Tische, auf dem das Modell steht, einen wundervollen Resonanzboden, der jeden leichten Ton auserordentlich verstärkt. Wenn ich anstelle des Brettes einen schweren gußeisernen Rahmen gemacht hätte, so würden Sie nichts weiter gehört haben als das leise Ticken des auslösenden Ankers. Bei der wirklich ausgeführten 300 PS. Deutzer Maschine, die in der Zentrale der Gasmotorenfabrik seit Anfang Oktober d. J. Tag und Nacht arbeitet, hört man, wenn die Nebenmaschinen abgestellt worden sind, von der ganzen Steuerung nichts weiter als ein leises Geräusch der hin- und hergehenden Anker, etwa ähnlich wie das Ticken einer Wanduhr. In der Tat habe ich das feine Getriebe der Uhrhemmung in vergrößerter und dem besonderen Zwecke angepaßter Form auf die Steuerung übertragen und erziele nunmehr bei dieser trotz der schweren Massen und der schnellen Bewegung in der wirklich ausgeführten Maschine denselben leichten und geräuschlosen Gang, den man an den Taschenuhren mit Recht bewundert.

Der Vorsitzende, Herr Geheimrat Busley-Berlin:

Namens der Versammlung danke ich Herrn Professor Hartmann für seinen außerordentlich klaren Vortrag, der uns in so anschaulicher Weise in die Getriebelehre einführte.

XIV. Die Gasmaschine im Schiffsbetriebe.

Vorgetragen von **Emil Capitaine** - *Frankfurt a. M.*

Die Frage der Anwendung der Gasmaschine im Schiffsbetriebe an Stelle der Dampfmaschine ist nicht neu. Schon im Jahre 1880, zu jener Zeit, wo die mit komprimiertem Gasgemisch betriebene Gasmaschine ihre ersten praktischen Erfolge zeigte, hatte ich in Veröffentlichungen auf die Vorteile hingewiesen, die die Schiffsgasmaschine gegenüber der Dampfmaschine bringen würde, und zwar in der Hauptsache eine Verminderung des Brennstoffsverbrauchs sowie dadurch eine Vergrößerung des Aktionsradius der Schiffe, welche nicht nur von hoher wirtschaftlicher, sondern auch von politischer Bedeutung sein würde.

Der damals von mir unternommene Versuch, eine Schiffs-Gasmaschine zu schaffen, konnte nur wenig Aussicht auf Erfolg haben. Der Optimismus des jugendlichen Erfinders ließ mich die Tatsache verkennen, daß ein so vielgliedriger Gegenstand, wie ihn die Generator-Gasmaschinenanlage darstellt, eine jahrelange Entwickelung und eine Unsumme von Erfahrungen notwendig erforderte, um eine praktische Gestaltung für größere Ausführungen und dazu noch für die eigenartigen Forderungen des Schiffbetriebes zu erlangen.

Die Entwickelung der Gasmaschine während der letzten 25 Jahre illustriert in überaus lehrreicher Weise den Satz, der für alle technischen Erfindungen gilt, nämlich, daß diese nicht, wie vielfach angenommen wird, durch sogenannte große Gedanken plötzlich geschaffen werden, vielmehr das Produkt einer endlosen Zahl von mühsam erworbenen und aneinander gereihten Einzelerkenntnissen und Einzelerfahrungen sind.

Um der Generator-Gasmaschine ihre heutige Gestalt zu geben, mußten Hunderte von erfinderischen Köpfen Jahrzehnte hindurch tätig sein, wobei jeder ein größeres oder kleineres Stück hinzufügte. Schritt für Schritt mußte



die Erkenntnis des Zweckmäßigeren durch kostspielige Versuche unter Aufwand vieler Millionen Mark errungen werden.

Die Geschichte der Gasmaschine ist streng zu scheiden in zwei Epochen und zwar in die, in welcher das Gasgemisch bei atmosphärischem Druck entzündet wurde, ferner in jene, in welcher das Gasgemisch vor der Zündung eine Verdichtung erfahren hat. Die Maschinen der ersteren Gattung können nur noch ein historisches Interesse beanspruchen, denn sie sind den theoretischen Forderungen zuwiderlaufend.

Die zweite Epoche beginnt Ende der 70er Jahre mit dem Erscheinen des Ottoschen Motors. Obwohl nachgewiesen ist, daß vor Otto die Verdichtung des Gasgemisches von anderen nicht nur vorgeschlagen sondern auch verwirklicht worden war, gebührt ihm doch das große Verdienst, dem Gedanken eine brauchbare Gestalt gegeben und die Maschine zuerst in die Praxis eingeführt zu haben. Er ist mit seiner Tat anderen zwar nur um ein Geringes vorausgeeilt, denn der damalige Stand der Wissenschaft und Technik mußte mit Notwendigkeit zu jener Maschine führen.

In diesem Vorauseilen „dem Vorwegnehmen", charakterisieren sich übrigens fast alle schöpferischen Leistungen auf technischem Gebiete, die wir als Erfindungen bezeichnen. Ist der Sprung nach vorwärts ein relativ großer, sodaß die Erfindung einer gewissen kontinuierlichen Entwickelung des betreffenden Gebietes der Technik all zu sehr vorauseilt, so lehrt die Erfahrung, daß mit ganz seltenen Ausnahmen der Erfinder seinen Vorwitz mit großen Opfern an Zeit und Geld büßen mußte.

Die Gasmaschine der ersten Epoche ließ das brennbare Gasgemisch unter gewöhnlichem Druck hinter den Kolben treten, dasselbe hierauf entzünden, wobei plötzlich ein Druck von zirka 3—5 Atm. entstand, welcher in raschem Abfall den Kolben arbeitverrichtend vorwärts trieb.

Die Gasmaschine der zweiten Epoche verdichtete das brennbare Gemisch, bevor es entzündet wurde, auf etwa 3 Atm., und es entstanden Drucke von 10—15 Atm. Heute ist man auf eine Verdichtung bis 15 Atm. angelangt, und die danach entstehenden Verbrennungsdrucke betragen etwa 30 Atm. Man ist bestrebt, die Drucke noch zu steigern, denn mit dieser Steigerung war bisher nicht nur eine Vergrößerung der Kraftleistung der Maschine oder mit anderen Worten eine Verminderung der Dimensionen der Maschine, sondern auch, und zwar in der Hauptsache, eine vollkommenere Wärmeausbeute, d. h. Umwandlung der Wärme in Arbeit, verbunden.



Je höher der Verdichtungsgrad, um so größer ist das Temperaturgefälle, resp. die Differenz zwischen Anfangs- und Endtemperatur der Gase nach erfolgter Expansion. Allerdings sind hier die Grenzen durch die praktische Ausführung gezogen, und es scheint, daß wir mit 30 Atm. Verbrennungsdruck in der heutigen Gasmaschine die praktisch zulässige Grenze erreicht haben.

Die ohne Verdichtung arbeitende Gasmaschine konnte von großer Einfachheit der Konstruktion sein. Der Kolben der Lenoir-Hugon-Maschine, die in Fig. 1 dargestellt ist, saugte während des ersten Drittels seines Hubes durch

Gasmaschine von Lenoir-Hugon.

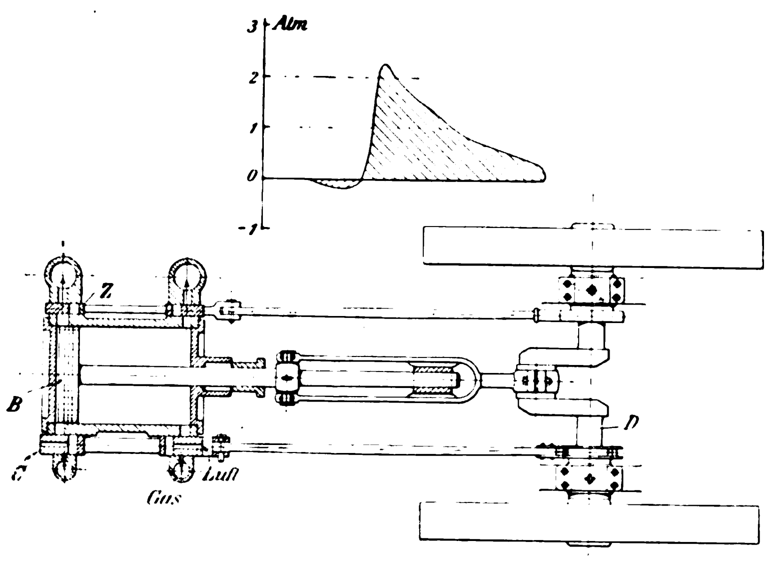


Fig. 1.

Schieber C ein Gasgemisch an. Hierauf entzündete ein elektrischer Funke dasselbe, die Gase expandierten, indem sie den Kolben arbeitverrichtend vortrieben, und auf dem Rückwege des Kolbens wurden die verbrannten Gase durch Schieber Z ausgestoßen.

Ein anderer Weg der Nutzbarmachung der plötzlichen Verbrennung eines unverdichteten Gasgemisches war der, daß ein Kolben „B“ mit Zahnstange S (Fig. 2) ein wenig angehoben wurde, um ein brennbares Gasgemisch anzusaugen, worauf das Gas entzündet diesen Kolben mit Stange im Zylinder A emporschleuderte, hinter sich einen geringen Unterdruck erzeugend, wie das nebenstehende Diagramm zeigt. Das Niederfallen des Kolbens mit Stange wurde durch ein Zahnrad R und eine Sperrkuppelung i zur Umwandlung in eine rotierende Bewegung der Welle benutzt. Der Kolben flog gleich einem

Geschoß ungefesselt in die Höhe, und man bezeichnet die Maschine daher mit „Freiflugkolben-Motor“. Ich würde es unterlassen haben, auf diese für den Schiffsbetrieb garnicht in Frage kommende, von den Fachleuten völlig abgetane Maschine hinzuweisen, wenn nicht im weiteren eine auf dem Freiflugkolben-Prinzip aufgebaute Maschine für Schiffsbetrieb erklärt werden sollte.

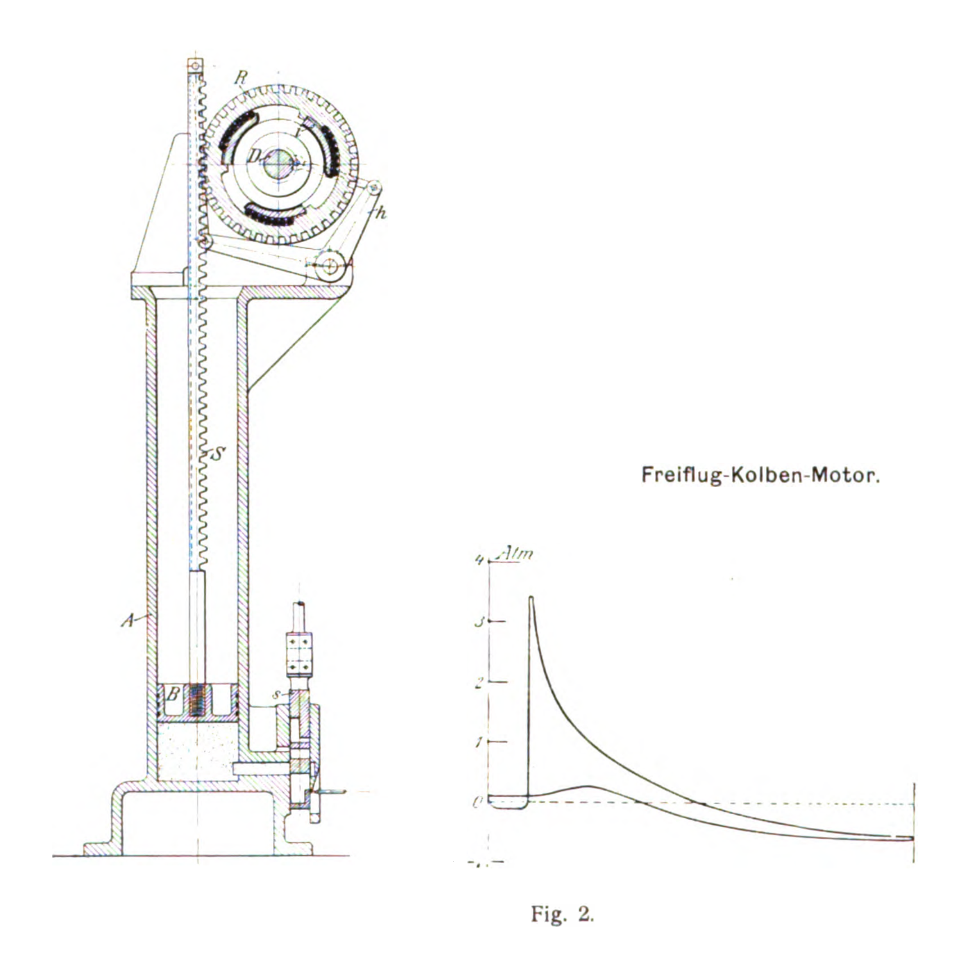


Fig. 2.

Die mit Verdichtung des Gemisches arbeitende Gasmaschine muß natürlich die Verdichtung selbst besorgen, und diese besondere Aufgabe der Maschine ist bisher auf zwei verschiedenen Wegen durchgeführt worden.

Die unter dem Namen Ottos Motor bekannte, allgemein verbreitete Gasmaschine (Fig. 3) läßt den Kolben B auswärts gehen, wodurch ein brennbares Gemisch durch Ventil C in dem Zylinder A angesogen, dann einwärts gehen, wobei das Gemisch in einen Raum X gedrängt und verdichtet wird. In der hier gezeichneten, äußersten, eingeschobenen Stellung des

Kolbens wird das verdichtete Gemisch entzündet, es entsteht ein höherer Druck, und die gespannten Gase treiben den Kolben arbeitverrichtend vor. Auf dem Rückwege des Kolbens werden die verbrannten Gase ausgestoßen. Diese Arbeitsweise wird mit „Viertakt" bezeichnet, weil vier Kolbenhube nötig sind, um einen Kraftschub zu erreichen.

Natürlich erfordert eine solche Maschine ein relativ großes Schwungrad, um die geleistete Arbeit bei einem zulänglichen Gleichförmigkeitsgrade bis zum

Viertakt-Gasmaschine.

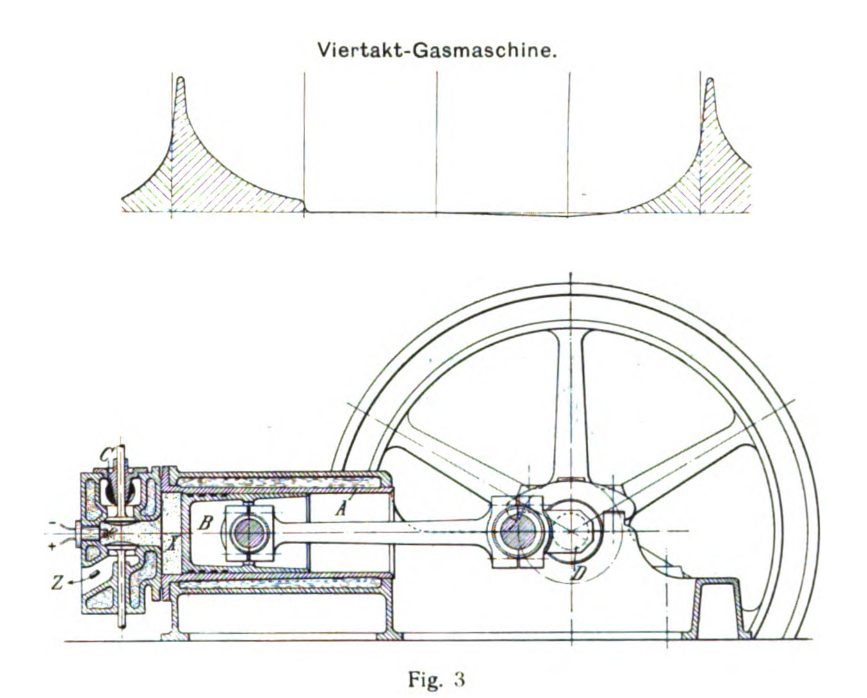


Fig. 3

nächsten Kraftschube aufzuspeichern. Will man ein weniger großes Schwungrad anwenden, dann benutzt man 2 oder 4 Zylinder, wie aus Fig. 4 und 6 hervorgeht.

Neuerdings führt man große Viertakt-Gasmaschinen mit doppelt wirkenden Kolben, wie Fig. 5 veranschaulicht, und sogar mit zwei hintereinanderliegenden Zylindern aus, wie aus Fig. 7 hervorgeht. Die Maschine Fig. 3 erhält bei jeder zweiten Umdrehung einen Kraftschub, die Maschinen Fig. 4 und 5 bei einer Umdrehung der Welle 2 Kraftschube und bei der darauf folgenden Umdrehung keinen Kraftschub. Die Maschinen Fig. 6 und 7 dagegen erhalten bei jeder Umdrehung der Welle 2 Kraftschube, genau wie eine gewöhnliche einzylindrige Dampfmaschine. Um eine gleichmäßige Drehbewegung zu erlangen, muß man selbst bei den mehrzylindrigen Gasmaschinen, wie Fig. 6 und 7, ein verhältnismäßig großes Schwungrad anwenden. Die Drucke folgen

wie in beistehenden Diagrammen angegeben. Wollte man mit der Viertaktmaschine eine Verteilung der Kräfte nur annähernd gleich einer Dreizylinder-Verbund-Dampfmaschine erreichen, dann würde man wenigstens 24 hintereinander angeordnete Zylinder von der Art Fig. 3, oder 12 Zylinder von der Art Fig. 5 bedürfen, natürlich eine praktisch unangängige Komplikation.

Viertakt-Gasmaschine mit 2 wirksamen Kolbenseiten.

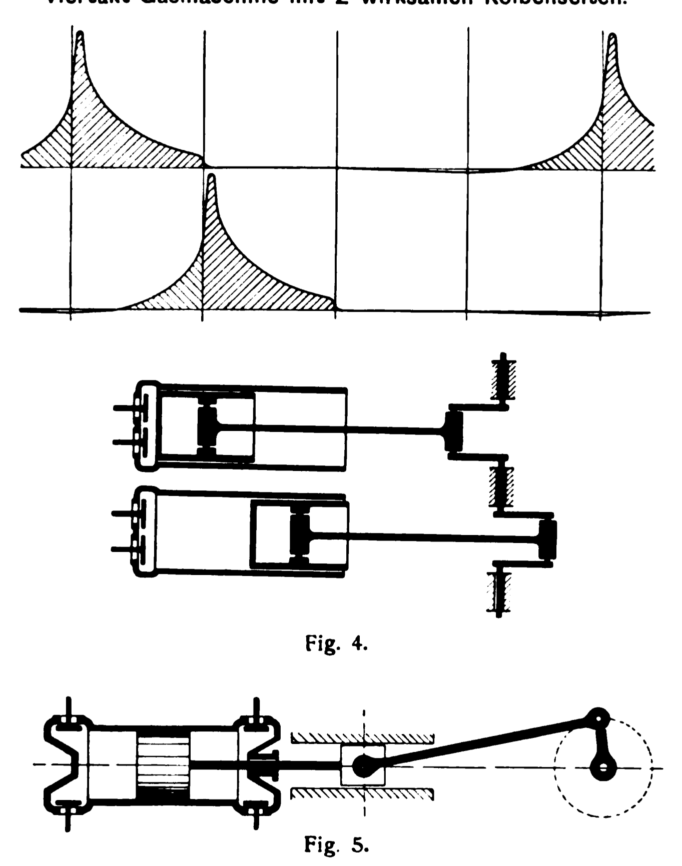


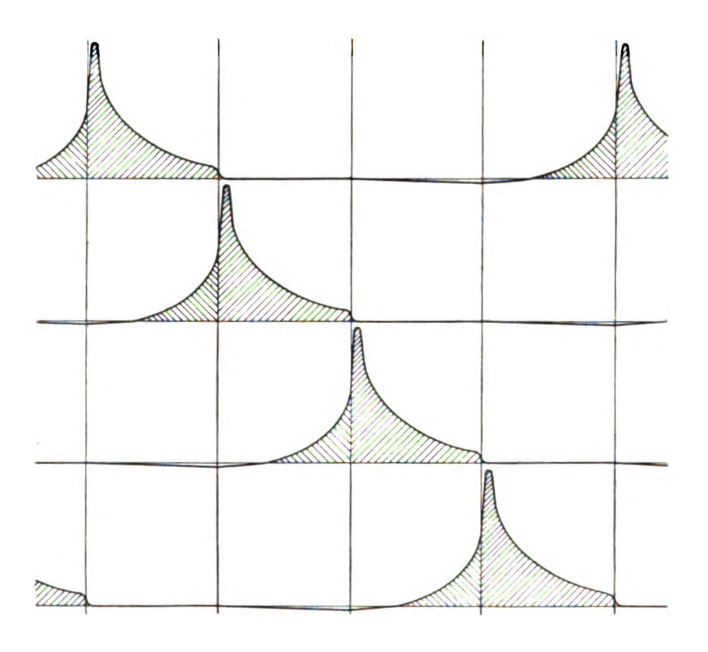
Fig. 4.

Fig. 5.

Eine größere Gleichmäßigkeit und höhere spezifische Leistung bei gleicher Anzahl der Arbeitszylinder A wird ermöglicht, wenn man den Arbeitskolben nicht wie bei der soeben erläuterten Viertaktmaschine zum Ansaugen und Verdichten des Gasgemisches benutzt, sondern für die Zufuhr des Gasgemisches besondere Pumpen, PP Fig. 8, anwendet. Das komprimierte Gemisch wird ebenfalls in zusammengepreßtem Zustande im Raume X entzündet, und dadurch der Kolben arbeitverrichtend vorgetrieben.

Gegen Ende der Expansion werden die Auslaßöffnungen Z im Zylinder A durch den Kolben B freigelegt und die verbrannten Gase durch die

Viertakt-Gasmaschine mit 4 wirksamen Kolbenseiten.



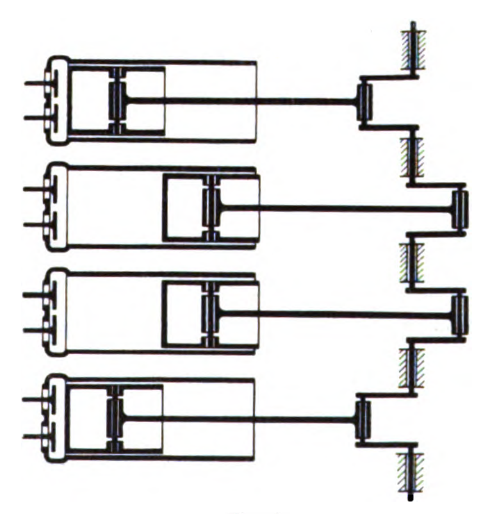


Fig. 6.

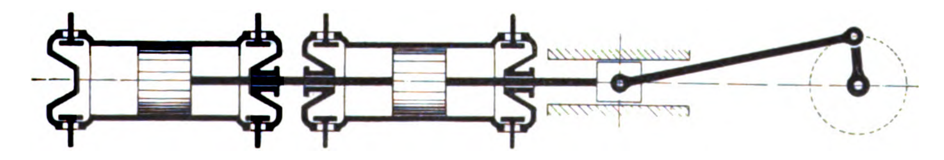


Fig. 7.

mittlerweile in der Pumpe P[1] verdichtete Luft und das in der Pumpe P verdichtete Gas herausgetrieben; wenn der Arbeitskolben wieder zurückgeht und die Öffnungen im Zylinder verdeckt hat, erfolgt eine Verdichtung des den Zylinder erfüllenden Gemisches und eine Entzündung desselben im Totpunkte, um weiterhin wie in der Maschine Fig. 3 zu expandieren.

Die Luftpumpe P[1] muß ein größeres Quantum Luft fördern, wie zur eigentlichen Gemischbereitung erforderlich ist, weil ein Teil der Luft eine schützende Schicht gegen eine Mischung des brennbaren Gasgemisches mit den verbrannten Gasen zu bilden hat. Diese sogenannte „Schutzluft" er-

Zweitakt-Gasmaschine.

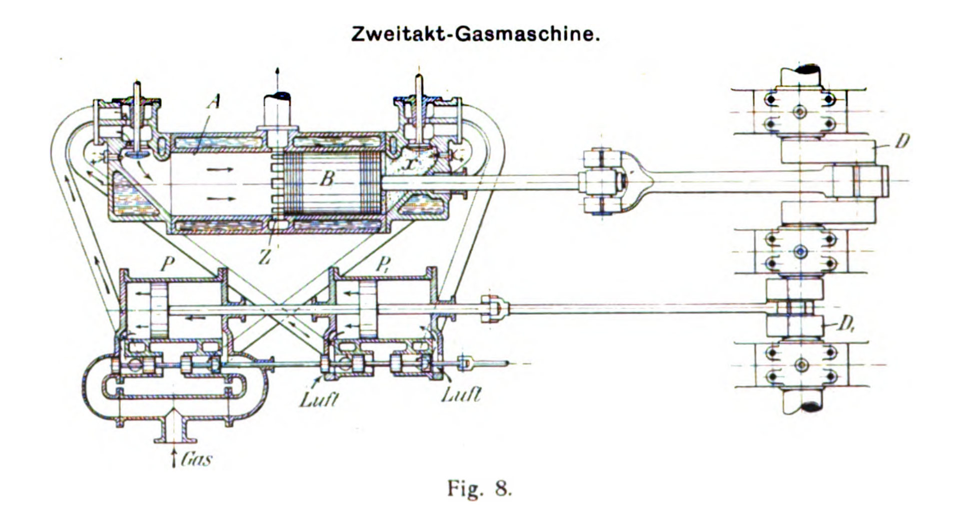


Fig. 8.

fordert für das Durchblasen durch den Zylinder innerhalb nur einer Viertelumdrehung der Kurbelwelle eine gewisse Kraft, die als gänzlich verloren zu betrachten ist. Aber es erfordert auch im übrigen der Pumpenbetrieb eine größere mechanische Arbeit wie die Viertaktmaschine, bei der der Arbeitskolben zugleich die Funktionen der Pumpe versieht.

Im Arbeitszylinder der soeben beschriebenen Zweitaktmaschine erfolgen also bei einer Umdrehung der Welle 2 Kraftschube, genau wie bei den Viertaktmaschinen Fig. 6 und 7. Gegenüber der Maschine Fig. 7 sind jedoch hier statt 2 Kolben und 2 Zylinder deren 3 angewendet und statt 1 Kurbel deren 2. Jedenfalls würden, um die Gleichförmigkeit der dreifachen Expansions-Dampfmaschine zu erreichen, statt 12 Zylinder mit doppelt wirkendem Kolben, wie bei der Viertaktmaschine, hier insgesamt 18 Zylinder erforderlich sein.

Es besteht noch eine Konstruktion einer Zweitaktmaschine für Großbetrieb, welche statt eines Arbeitskolbens und einer Arbeitskurbel, 2 Arbeits-

kolben und 3 Arbeitskurbeln benutzt, dazu noch 2 Pumpen, angetrieben von einer Kurbel, sodaß dieselbe 4 Kolben und 4 Kurbeln aufweist, um die Gleichförmigkeit der so einfachen Maschine Fig. 4 zu erlangen.

Soll die Gasmaschine im Schiffsbetriebe die Dampfmaschine verdrängen, so ist die erste Bedingung eine bessere Ausnutzung des Brennstoffes, auch wenn Vorteile im Gewicht und Raumbedarf nicht erreicht werden. Die bessere Wärmeausbeute ist bisher aber durch die Maschine ohne Hilfspumpe, nämlich durch den Viertakt erreicht worden. Der bisher erzielte günstige Wärmeverbrauch von rd. 1850 Kal. pro PS. entspricht einer Ausbeute von rd. 32 Proz. der im Gas aufgespeicherten Wärme, und zwar ist dieser Verbrauch nicht etwa in einer Großgasmaschine, sondern in einer 50 PS. Maschine festgestellt worden. Die Wärmeausbeute größerer Maschinen ist bisher stets ungünstiger gewesen, ganz im Gegensatz zur Dampfmaschine, deren kleinere Ausführungen einen geringeren Nutzeffekt haben wie die größeren.

In den Figuren 9, 10 und 11 sind Diagramme der neuesten Ausführungen von Gasmaschinen unserer drei ersten deutschen Gasmotorenfabriken wiedergegeben.

Bevor ich auf die Anwendung der Gasmaschine im Schiffsbetriebe näher eingehe, will ich die Gaserzeuger beschreiben, ohne die der Gasmotor so wenig arbeiten kann, wie die Dampfmaschine oder Dampfturbine ohne Dampfkessel.

Der einfachste Weg zur Erzeugung von Gas aus Kohle ist die Anwendung einer Schicht glühenden Brennstoffes von bestimmter Höhe in einem mit Chamotte ausgemauerten Schacht A (Fig. 12), durch welchen Luft allein, oder Dampf und Luft geleitet wird. Die durch die Verbrennung des Sauerstoffes der Luft erzeugte Kohlensäure wird zu Kohlenoxyd reduziert, und man erlangt ein brennbares Gas von 800—1000 Kal. pro Kubikmeter. Leitet man mit der Luft gleichzeitig Dampf durch die glühende Kohle, so wird Wasserstoff gebildet, und das dann dem Generator entströmende Gas hat etwa folgende Zusammensetzung:

Kohlensäure . . .	6	Proz.
Kohlenoxyd . . .	26	„
Methan	0,5	„
Wasserstoff . . .	14	„
Stickstoff	53	„

Diagramme neuerer Gasmaschinen.

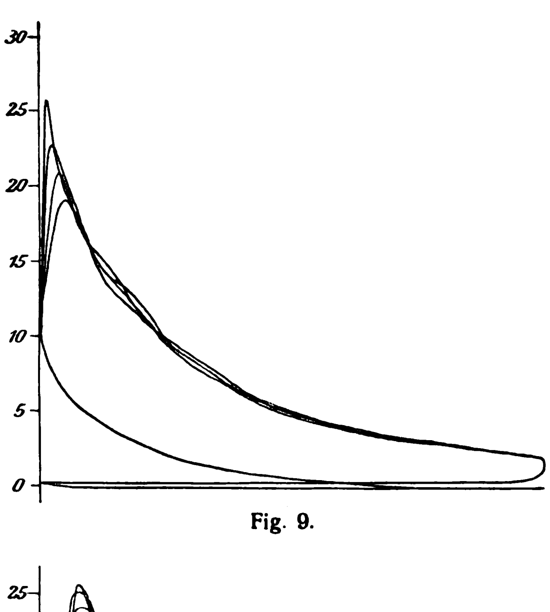


Fig. 9.

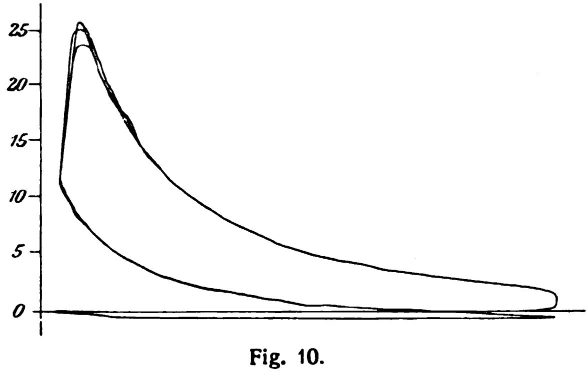


Fig. 10.

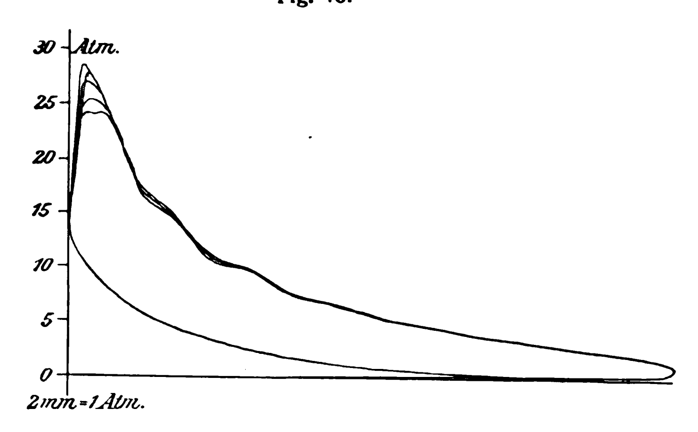


Fig. 11.

Die Gase entweichen aus dem Schacht A mit 500 ° C., durchstreichen dann einen Dampferzeuger B und geben den größten Teil ihrer Wärme an letzteren ab; hierdurch wird Dampf erzeugt, der unter den Rost in die Kohle geleitet, und, wie gesagt, dort zerlegt wird. Aus dem Dampferzeuger strömt das brennbare Gas in den Reiniger C, ein mit Koks gefülltes Gefäß, wobei der Koks ständig mit kaltem Wasser berieselt wird. Durch die Berührung

Gaserzeuger für stationäre Betriebe.

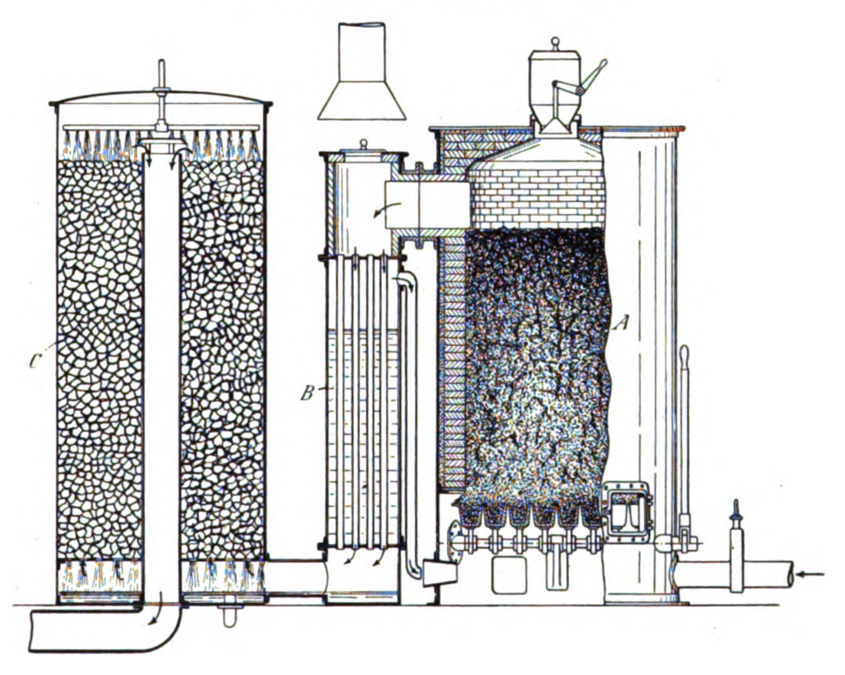


Fig. 12.

mit der wasserbenetzten Oberfläche des Koks werden die im Gas enthaltenen Unreinigkeiten zum größten Teile abgeschieden.

So einfach diese Gaserzeugung sich gestaltet, wenn man besten Anthrazit oder gut entgasten Koks anwendet, so viel Schwierigkeiten treten auf, wenn stark teerhaltige, backende und schlackende Kohle Anwendung finden soll. Nun wird aber grade im Schiffsbetriebe verlangt, daß man bald mit dieser bald mit jener weniger guten Kohle arbeiten kann.

Sofern die Gasmaschine das hält, was sie verspricht, nämlich weniger wie die Hälfte des Kohlenverbrauches der heutigen besten Schiffsdampfmaschine, dann läßt sich der Aktionsradius mehr als verdoppeln, die Kohlen-

einnahme wird infolgedessen weniger dringend, und man kommt in die Lage, die Kohlenstationen sich in gewissem Grade aussuchen zu können.

Voraussetzung für das gute Funktionieren des Gasgenerators ist, daß die Kohle der durchtretenden Luft, bezw. Dampf und Gas eine stets gleichbleibende Oberfläche und Schichtung darbietet. Bei Anthrazit von kleiner Körnung ist die pro eff. Pferdestärke benötigte Oberfläche derselben nach meiner Berechnung etwa 25 qdcm bei etwa 2,5 cdcm Raum oder 2 kg Gewicht; bei der Benutzung von Koks ist die erforderliche Oberfläche bei gleicher Körnung ein wenig größer. Ist die Kohle backend, dann verbindet sie sich zu festen Klumpen, und die Oberfläche der Kohle, die anfänglich 10 qdcm pro 1 cdcm Raum betrug, sinkt auf 5 und schließlich auf 2 qdcm. Das Schlimmste hierbei aber ist, daß infolge des Zusammenbackens sich Kanäle bilden, wie Fig. 12 angedeutet, durch die die Kohlensäure und der Dampf mit großer Geschwindigkeit ohne vollständige Zerlegung hindurch treten. Der Generator, der z. B. anfänglich für 1000 PSe. Gas lieferte, liefert solches nach kurzer Zeit nur noch für 2—300 PS. Man hat daher bei Generatoren für Betrieb mit gewöhnlicher Kohle ganz außerordentlich hohe Kohleschichten, und zwar bis 3 m Höhe angewendet, weil man mit jenen sich bildenden Hohlräumen zu rechnen hat. Während guter Anthrazit pro eff. Pferdestärke rund 2,5 cdcm Kohle erfordert, ist bei gewöhnlicher Kohle etwa die vierfache Menge nötig. Ein Generator für beispielsweise 2000 PSe. hat zirka 20 cbm Inhalt, das Gewicht der entgasten Kohle beträgt zirka 10 000 kg. Die Abmessung eines 2500 PS i. Generators der Power-Gas Corporation Ltd. London sind rund 3 m im Lichten bei 3 m Höhe der Kohlenschicht. Der Generator läßt sich mit 4.5 m Höhe und einem äußeren Durchmesser von weniger als 4 m ausführen. Das Gewicht des Generators einschließlich der Kohle, die hier wie der Wassergehalt des Kessels zu rechnen ist, würde etwa 40 t gegenüber 200—250 t bei dem Dampfkessel eines Fracht- bezw. Personendampfers und 35—40 t der Wasserröhrenkessel, beispielsweise eines Kreuzers, zu rechnen sein.

Sobald die Kohle weniger backend und schlackend ist, lassen sich die Dimensionen des Generators sehr vermindern und es ist das spezifische Volumen für guten Koks zu erreichen, wobei der Generator statt 4,5 m nur etwa 3 m Höhe hat. In diesem Falle kann man auch Etagen-Generatoren anwenden; ein solcher von 6 m Höhe und 4,8 m Durchmesser würde für 6000 PSe. ausreichen.



Der Raumbedarf einer rationellen größeren Schiffskesselanlage ist pro PSe. zirka 400 cdcm, das Gewicht einschließlich Wasser zirka 100 kg, der Raumbedarf von Wasserröhrenkesseln pro PSe. ist 150 cdcm, das Gewicht zirka 25 kg, und endlich ist der vom Generator erforderte Raum zirka 50 cdcm, und das Gewicht zirka 25 kg. In diesen Zahlen, die nur als annähernd genau zu betrachten sind, sind die Reinigungsapparate und die Dampferzeuger für das Gas nicht eingeschlossen, das Gewicht und der Raumbedarf derselben dürfte aber kaum mehr wie die Kondensations-Einrichtungen der Dampfmaschine betragen, welche in obigen Zahlen ebenfalls nicht eingeschlossen wurden.

Macht man sich die Vergasungsvorgänge in einem Generator klar, wie solcher in Fig. 12 dargestellt ist, so findet man, daß in der oberen Schicht die frische Kohle zunächst entgast, die Produkte der Entgasung direkt entweichen, und daß nach unten hin ein mehr und mehr entgaster Koks gebildet wird. Man hat die Kohle sowohl in der Entgasungszone, als auch in der Sinterungszone gehörig zu zerkleinern und demgemäß den Generator mit selbsttätigen Zerkleinerungsvorrichtungen zu versehen, wie sie bei großen Generatoranlagen bereits im praktischen Betriebe sich befinden.

Eine nicht weniger wichtige Aufgabe wie die Verminderung der Dimensionen und des Gewichtes des Generators bei schlechter, backender und schlackender Kohle ist die Reinigung der Gase. Die Gase müssen einen ziemlich hohen Grad von Reinheit besitzen, wenn die Gasmaschine zuverlässig funktionieren soll. Man kann den Hauptteil der teerischen Produkte, die im Generator Fig. 12. gleich abgeführt werden, durch Rückleitung in die untere glühende Kohlenschicht in permanentes Gas zerlegen, sodaß selbst die teerhaltigste Kohle nur wenig teerhaltiges Gas liefert. Dieses Verfahren hat im praktischen Betriebe jedoch mancherlei Unvollkommenheiten gezeigt.

Ein anderer Weg, den Teer in unkondensierbares Gas umzuwandeln und so für die Gasmaschine unschädlich zu machen, besteht darin, daß der Generator (Fig. 13) zwei Entgasungs- bezw. Vergasungsschichten enthält, und zwar eine obere x und eine untere y. Die Kohle wird bei a aufgeschüttet, die atmosphärische Luft tritt von oben her durch dieselbe, bringt sie auf Hochrotglut, und der ausgeschiedene Teer muß jene darunter befindliche hoch erhitzte Schicht entgaster Kohle passieren. Hierbei findet eine Zerlegung des Teers statt. In den, im unteren Teile y des Generatorschachtes befindlichen Koks wird Luft und Dampf durch den Rost geleitet.

Da hier zwei übereinander liegende und selbständige Vergasungsschichten angewendet sind, deren jede die Höhe des gewöhnlichen Generators haben soll, so fällt dieser Generator im Ganzen etwas hoch aus und eignet sich vornehmlich nur für große Maschinen. Bei gleicher Leistung ist das Gewicht desselben nicht unwesentlich geringer wie das der gewöhnlichen Generatoren. Vor allem aber ist das Gas hierbei so wenig teerhaltig, daß dessen Reinigung keine besonderen Schwierigkeiten bereitet.

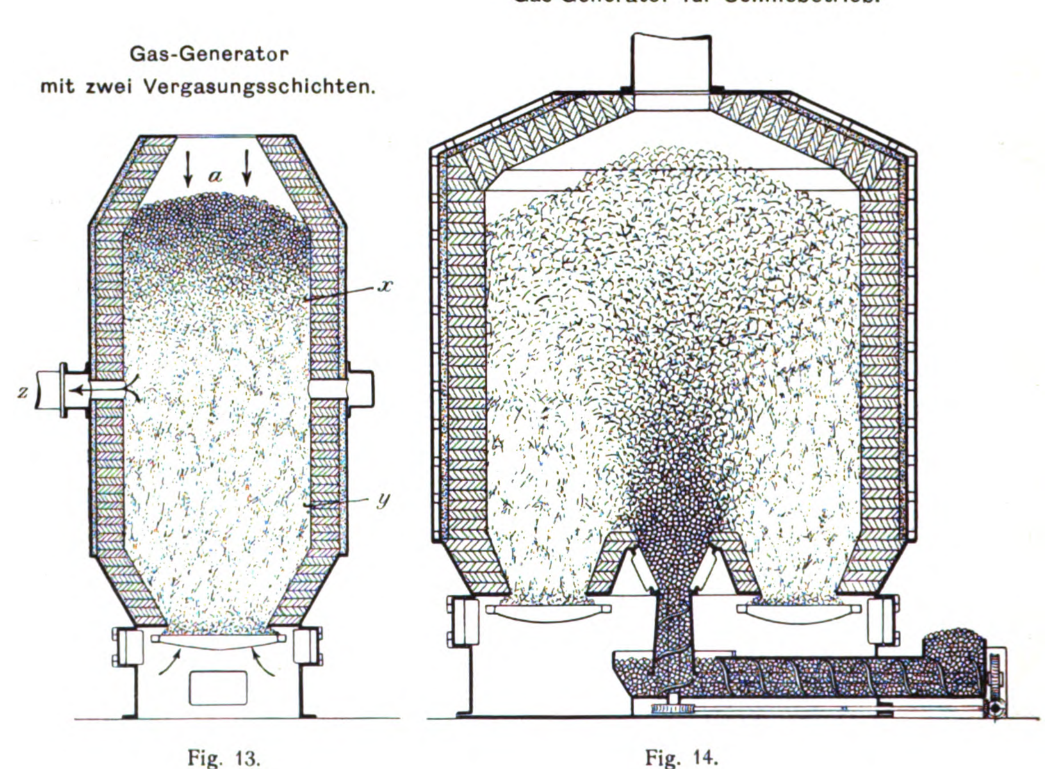


Fig. 13. Fig. 14.

Die Konstruktion eines Generators, bei welchem der Teer ebenfalls die Glutzone passieren muß, der jedoch weniger hoch sich aufbaut, zeigt Fig. 14. Ich habe diesen Generator von dem Gesichtspunkte aus konstruiert, daß in erster Linie die bequeme und vollkommene Zerkleinerung der glühenden, backenden und schlackenden Kohle erreicht werden soll, um die Forderung des Schiffsbetriebes, mit den verschiedensten und minderwertigen Kohlensorten arbeiten zu können, zu erfüllen. Die Kohle wird von unten her in den Schacht gewaltsam eingetrieben und unter Luftzutritt in Glut gebracht. Der ausgetriebene Teer muß die darüber liegende, hohe Schicht glühender Kohle durchstreichen. Vulkanartig wird die frische Kohle aufwärts getrieben,

und es läßt sich die mechanische Zerkleinerung leicht durchführen, weil die glühende Kohle eine Bewegung in sich selbst erfährt, die ebenfalls der Bildung fester Schlackenherde vorbeugt.

Zur Erhöhung des Nutzeffektes der Generatoren hat man mit gutem Erfolge die Wärme der Abgase der Gasmaschine zur Erzeugung des vom Generator benötigten Dampfes nutzbar gemacht.

In Fig. 15 ist C der Dampferzeuger, und die von der Gasmaschine kommenden heißen Auspuffgase treten bei m in ersteren, geben ihre Wärme


Gas-Generator mit Wiedergewinnung der Abwässer.

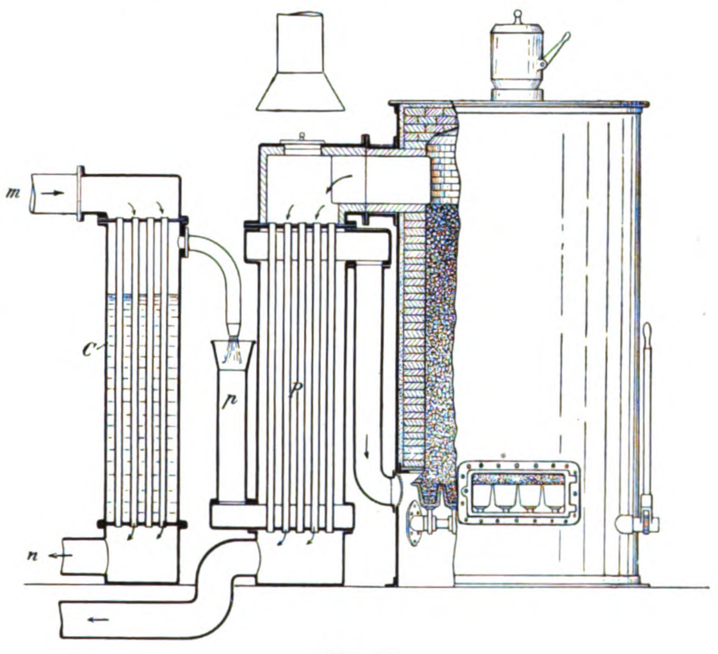


Fig. 15.

an die Heizrohre ab und gelangen durch Rohr n mit niedriger Temperatur ins Freie. Der entwickelte Dampf strömt mit Luft gemischt durch Rohr p in den Erhitzer P, in welchem den aus dem Generator tretenden heißen Gasen die Wärme entzogen und auf jenes Dampf- und Luftgemisch übertragen wird, sodaß letzteres bereits stark vorgewärmt in die glühende Kohle des Generators gelangt. Sind die beiden Wärmeaustausch-Vorrichtungen C und P gut konstruiert und ausgeführt, dann kann man den Nutzeffekt des Generators derart steigern, daß man 90 bis 95 Proz. der in der Kohle enthaltenen Wärme in dem erzeugten Gas als chemische Energie wieder findet.

Die Wassermengen, die für den im Generator zu zerlegenden Dampf benötigt werden, betragen bei größeren Anlagen pro PSe. und Stunde

minimal 0,20 kg, wenn man den Kohlenverbrauch pro PS. und Stunde mit 0,36 kg annimmt, sollen jedoch zweckmäßig das Gewicht der verbrauchten Kohle übersteigen. Da in der Gasmaschine eine Wiedergewinnung von Wasser durch Kondensation ausgeschlossen ist, so sind jene Dampfmengen direkt aus dem Fluß- oder Seewasser zu erzeugen. Für Seewasser kann natürlich ein gewöhnlicher Verdampfer, wie in Fig. 12 und 15 skizziert, nicht angewendet werden, weil das zurückbleibende Salz denselben in kurzer Zeit inkrustieren würde. Um eine solche Inkrustation zu vermeiden, ist der

Seewasser-Verdampfer.

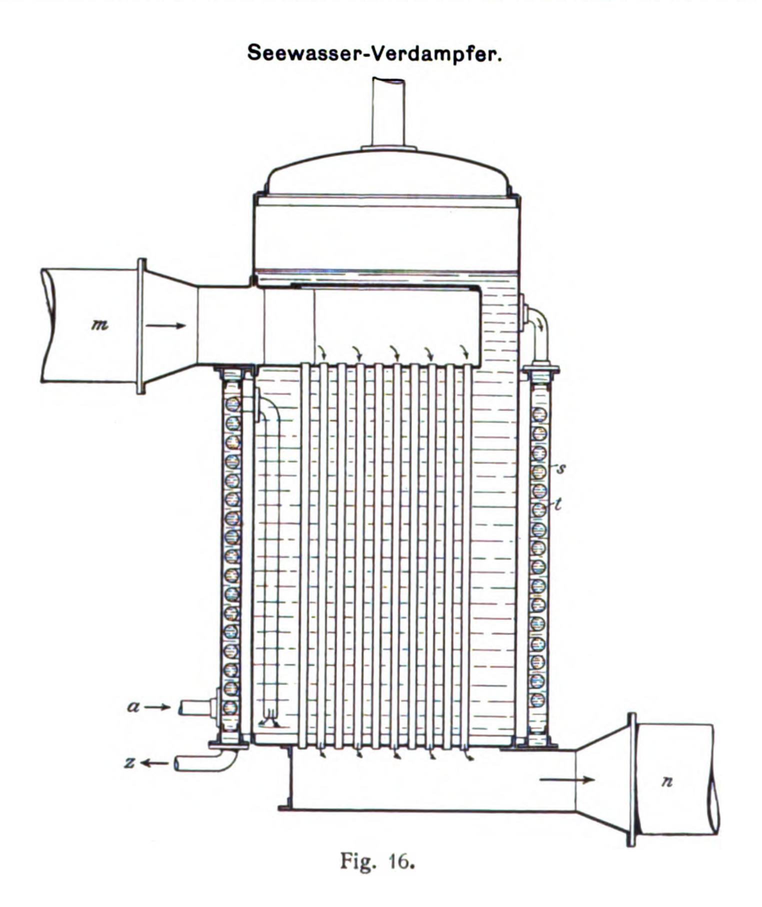


Fig. 16.

Verdampfer (Fig. 16) derart eingerichtet, daß die Konzentration des Seewassers einen bestimmten Grad nicht übersteigen kann. Zu diesem Zwecke findet ein unausgesetzter Durchfluß von Wasser durch den Dampferzeuger statt. Das frische Wasser tritt bei a ein, durchströmt aufwärts steigend die Rohrspirale t, aus der es in den Dampferzeuger gelangt. In diesem wird das Wasser so weit verdampft, daß der Salzgehalt auf 3—4 Proz. steigt. Es erfolgt nun ein unausgesetzter Abfluß des gesättigten heißen Wassers in den Raum s, wobei dasselbe seine Wärme an die Rohrspirale

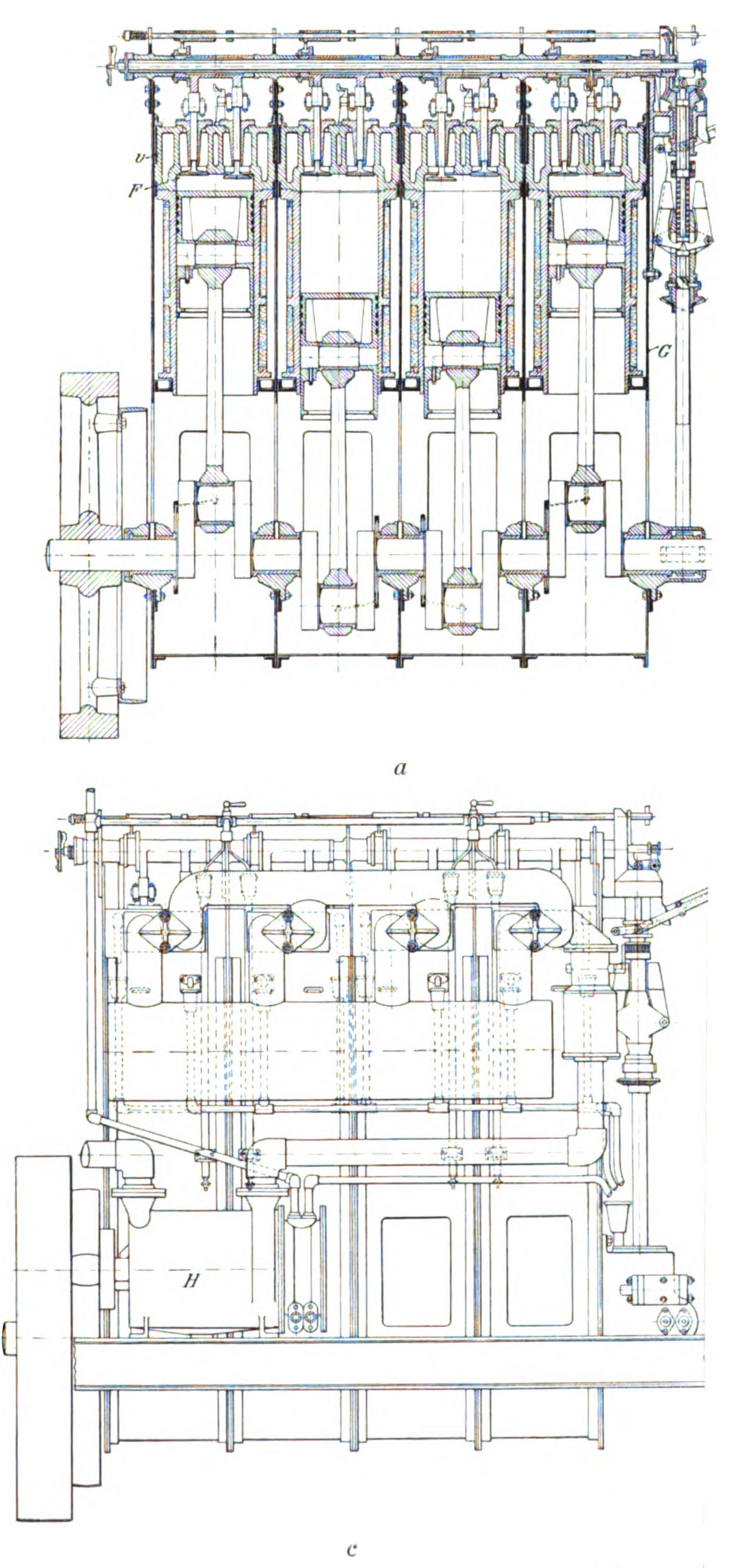


Fig. 17.

abgibt und das frisch zutretende Wasser erwärmt. Ist die Heizfläche der Rohrspirale genügend groß bemessen, dann ist der Verlust an Wärme durch den unausgesetzten Durchfluß des Wassers durch den Verdampfer ein äußerst geringer. Dieser Seewasser-Verdampfer arbeitet kontinuierlich, und eine Reinigung ist nur in sehr langen Zeitzwischenräumen erforderlich.

Eine der größten Schwierigkeiten bei der Anwendung von Generatoren im Schiffsbetriebe, insbesondere bei Kriegsschiffen, bei Schleppern, Fluß- und Hafenfahrzeugen, besteht darin, daß die Temperatur im Generator bei vorübergehendem Stillstande oder halber Kraftleistung der Maschine sinkt und hiernach nicht sogleich wieder volle Kraftbeanspruchung der Maschine zuläßt. Wird beispielsweise die Maschine während einer kürzeren oder längeren Zeit außer Betrieb gesetzt, oder arbeitet dieselbe längere Zeit hindurch mit halber Kraft, dann sinkt die Temperatur im Generator mehr oder weniger erheblich, was zur Folge hat, daß bei vermehrter Gasentnahme der Heizwert des Gases sich derart vermindert, daß die Maschine nicht mit voller Kraft beansprucht werden kann.

Je größer die Dimensionen des Generators sind, um so längere Zeit kann die gehörige Temperatur im Innern auch bei Stillstand oder bei teilweiser Belastung der Maschine erhalten werden, während bei kleineren Generatoren — bis 150 PS. — das Sinken der Temperatur verhältnismäßig schnell erfolgt. Da die Hauptkohlenmengen und der größere Querschnitt für den Durchtritt der Gase in der Nähe der Wandungen liegt, so ist es klar, daß der chemische Prozeß der Gas-Erzeugung durch jene Temperatur-Erniedrigung im Ganzen erheblich gestört werden muß. Es handelt sich bei der Erhaltung des Beharrungszustandes im Generator etwa um dasselbe, wie das „Unterdampfhalten“ der Dampfkessel. Keiner der heutigen Generatoren ermöglicht eine stetige Gaserzeugungs-Bereitschaft ohne ständigen, größeren Verbrauch an Kohle.

Die Gasmaschine würde für den Schiffsbetrieb gänzlich ungeeignet erscheinen, wenn die Frage der stetigen Betriebsbereitschaft bei voller Kraftäusserungsfähigkeit, ohne erheblichen Aufwand an Kohle, nicht gelöst wäre.

Diese aus der Eigenart des Schiffsbetriebes sich ergebende Forderung ist bisher an den Gasgenerator noch nicht gestellt worden. Ich habe die Aufgabe auf zweifache Art gelöst, indem ich bei verminderter Gasentnahme die Kohle nur in jenen Zonen vergase, d. h. Wärme entwickle, in welchen eine Wärmetransmission nach außen hin besteht und ferner den Generator

Anordnung und Raumbedarf einer Gasmaschine von 80 PSe. nebst Generator.

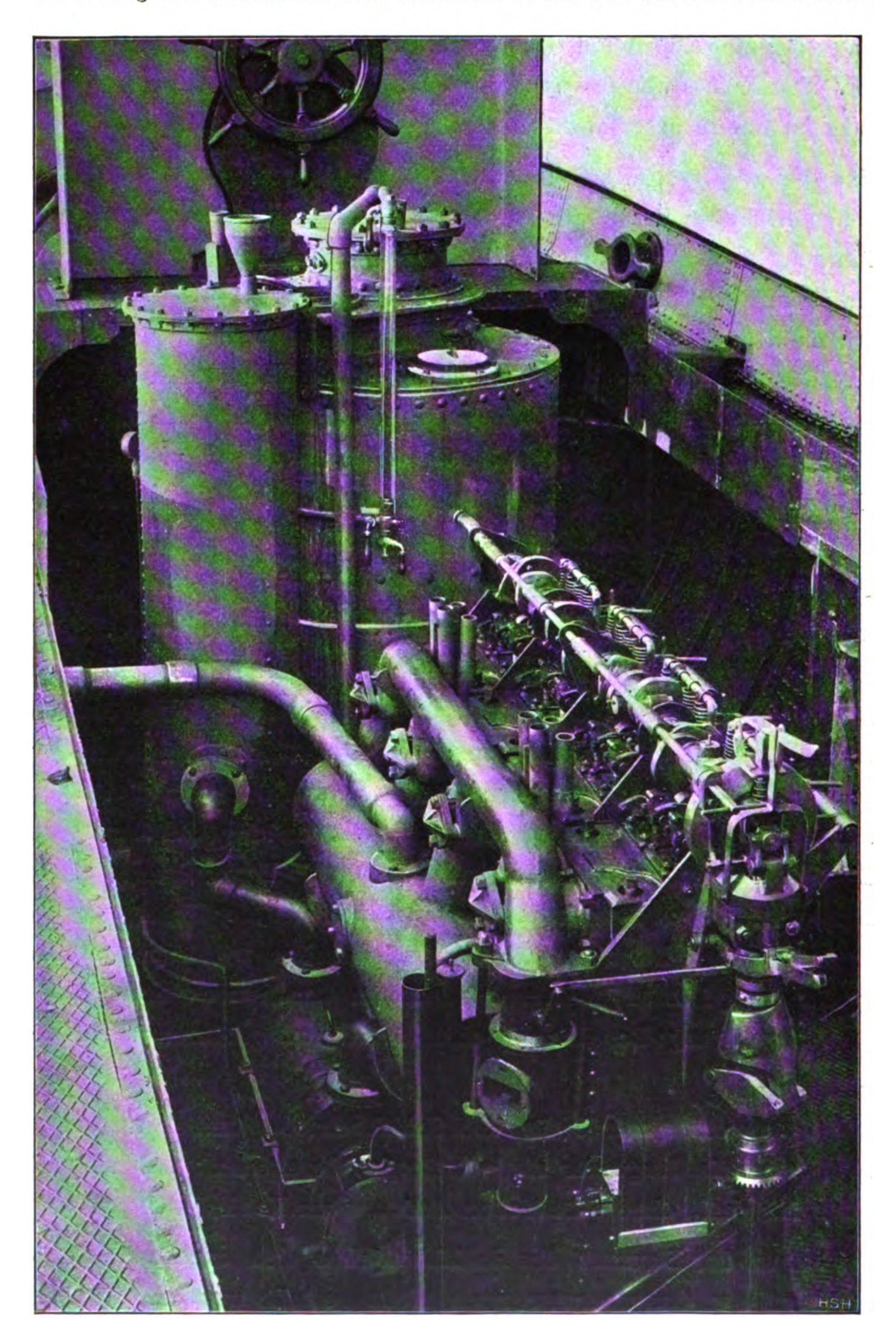


Fig. 18.

mit seinem eignen Gase beheize, so lange er nicht durch eine normale Gasentnahme sich genügend erhitzt.

Obwohl mein Ziel die Verdrängung der großen mehrtausendpferdigen Schiffs-Dampfmaschine durch die Schiffs-Gasmaschine ist, so habe ich doch erst mit kleineren Ausführungen von Schiffs-Gasmaschinen-Anlagen begonnen.


Raumbedarf einer Gasmaschine von 80 PSe. nebst Generator.

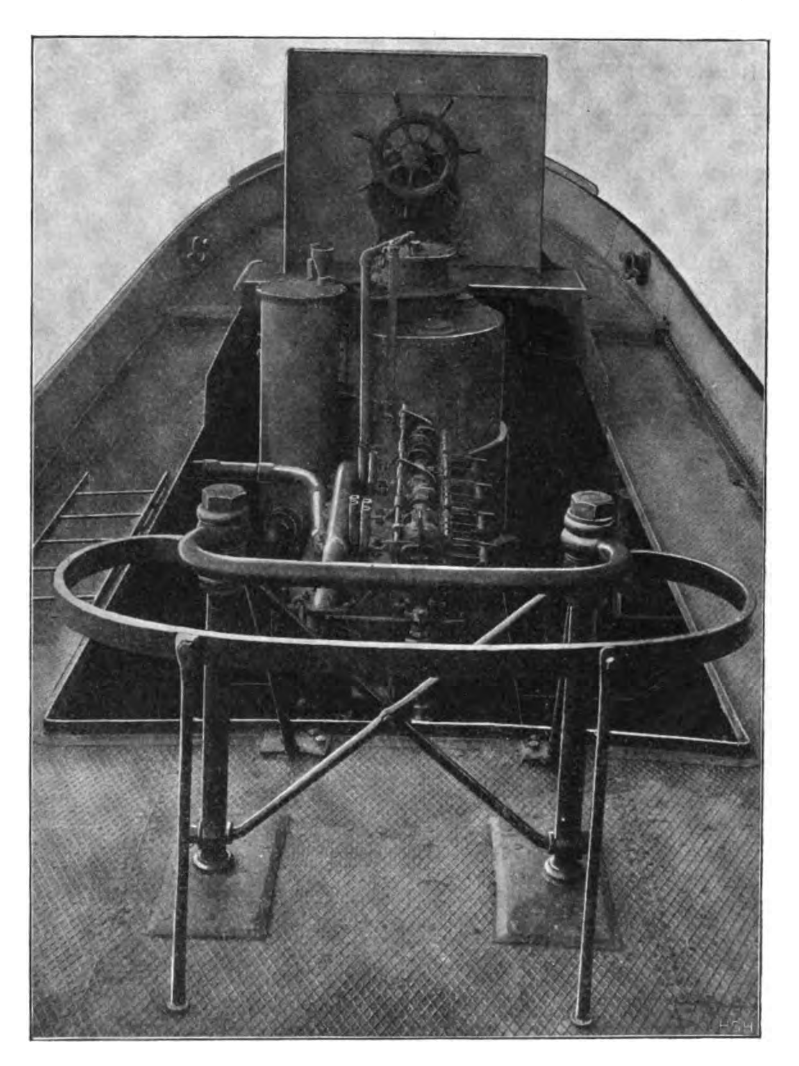


Fig. 19.

Ich wählte als Motor den einseitig wirkenden Viertakt mit 2 respektive 4 Zylindern, wie mit Bezug auf Fig. 3, 4 und 6 erläutert, und ließ mich nicht verleiten, den so verführerischen Schnelläufer anzuwenden, vielmehr war es mein Bestreben, eine solide Maschine zu schaffen, die hinsichtlich Haltbarkeit



der besten Schiffs-Dampfmaschine gleichkommt. Bei der kleinsten Ausführung meiner Schiffs-Gasmaschine von 20 PSe. beträgt die Umlaufzahl maximal nur 380 pro Minute, bei 40—80 PSe. 320 U. p. M., bei 150 PSe. 220 U. p. M., bei 300 PSe. 180 U. p. M. und endlich bei 500—1000 PSe. nur 120 U. p. M.

In den Figuren 17 a, b, c und d ist eine Maschine von 80 PSe. Maximalleistung mit 4 Zylindern dargestellt, während die Figuren 18 bis 22 ein

Raumbedarf einer Gasmaschine von 80 PSe. nebst Generator.

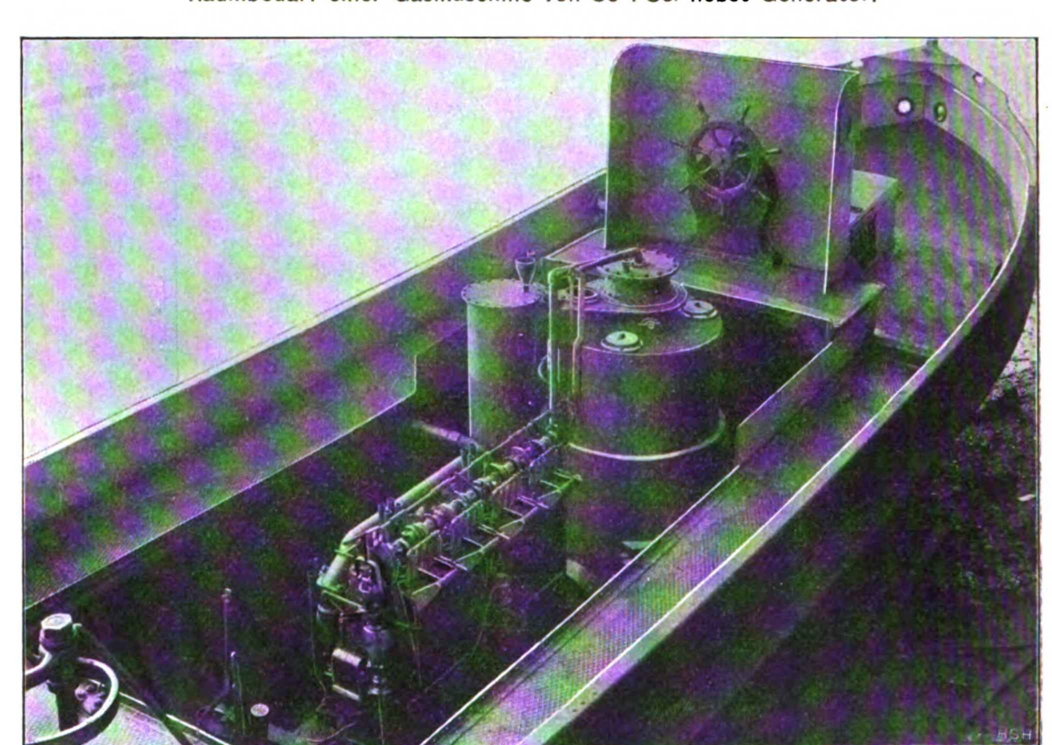


Fig. 20.

mit dieser Maschine ausgerüstetes Schleppboot, und die Figuren 23 und 24 das erste durch eine eigentliche Schiffs-Gasmaschine betriebene Versuchsboot von 25 PSe.-Leistung veranschaulichen.

Für den einseitig wirkenden Kolben entschied ich mich, weil diese Maschine eine höhere Betriebssicherheit ermöglicht, indem alle arbeitenden Teile leichter zugängig, zu revidieren und zu reinigen sind, jede einzelne der vier selbständigen Maschinen-Einheiten bei Störungen leichter auszuschalten, die Höhe der Maschine geringer ist, und die hin- und herbewegten Massen kleiner ausfallen.

Durch die Anwendung von 4 Zylindern, die für einen einigermaßen gleichmäßigen Gang bei Anwendung eines kleineren Schwungrades unbedingt nötig sind, erlangt das Motorgehäuse relativ große Dimensionen, und um eine



Raumbedarf einer Gasmaschine von 80 PSe. nebst Generator.

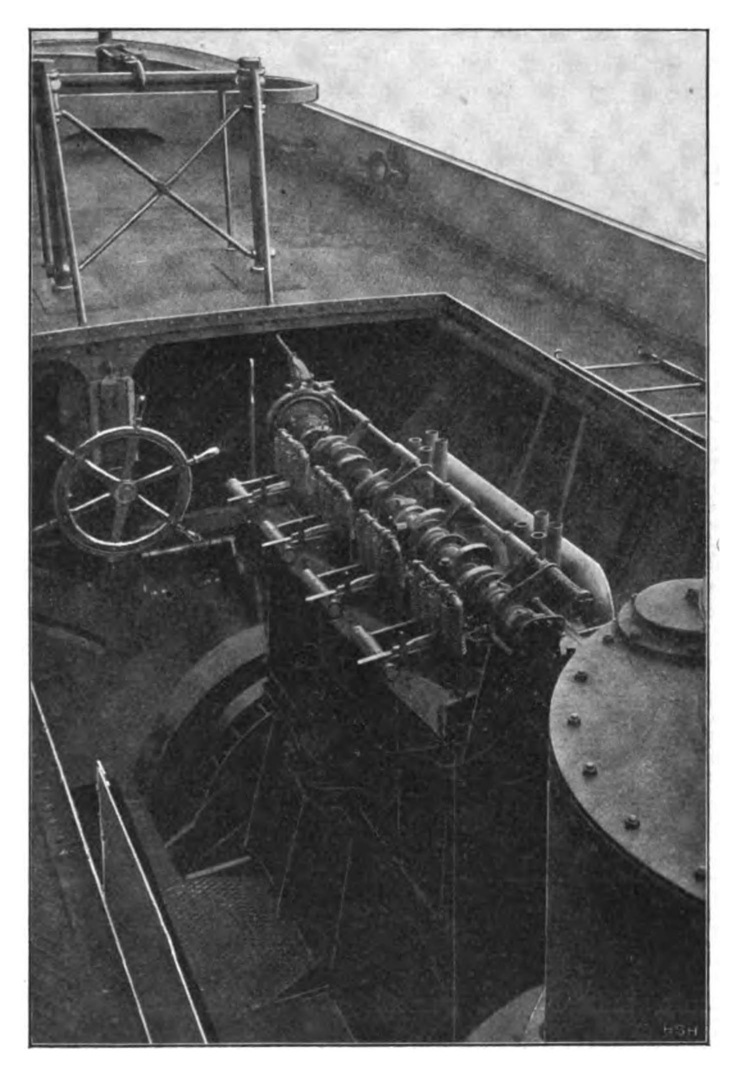
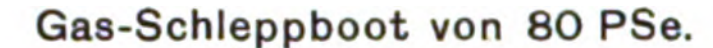


Fig. 21.

gehörige Stabilität bei geringstem Gewicht zu erzielen, stellte ich, wie aus Fig. 17 und 17 d ersichtlich, den Maschinenständer aus Blechplatten her. Der Zylinder ist in diesem Ständer oder Gehäuse G ein wenig auf- und abbeweglich geführt und wird gegen die schubladenartig herausnehmbare Verbrennungskammer F mit wenigen Schrauben leicht angezogen.

Es ist hier der umgekehrte Weg eingeschlagen, wie solcher bisher üblich war: anstatt den Zylinderdeckel auf den Zylinder zu schrauben, wird der Zylinder A am Zylinderdeckel, d. h. der Verbrennungskammer F befestigt. Die Wände des Gehäuses wirken gewissermaßen als Zuggestänge, wobei die Verbrennungskammer eine gegen Leisten v sich stützende Traverse darstellt, während die Kurbelwelle die zweite Traverse bildet, zwischen denen


Gas-Schleppboot von 80 PSe.

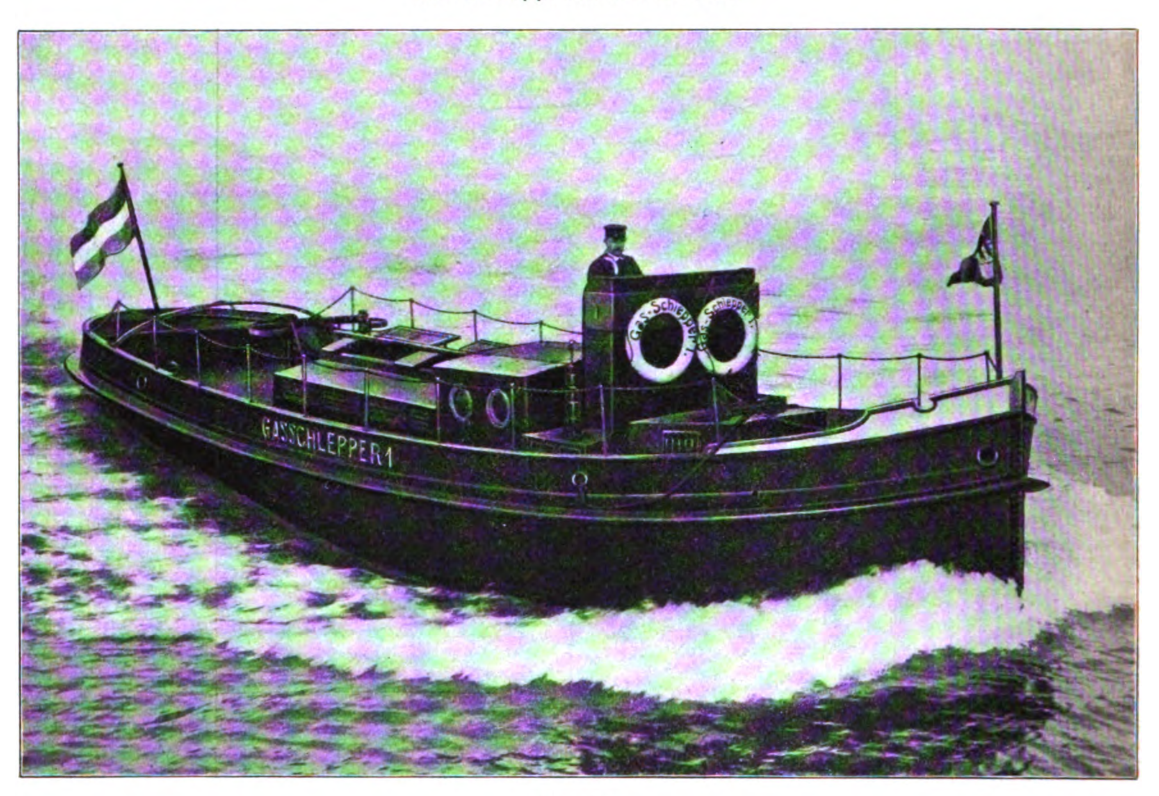


Fig. 22.

die Kräfte auftreten. Es ist nur nötig, 4 verhältnismäßig kleine Schrauben zu lösen, um die Verbrennungskammer F in die Lage Fig. 17d durch einfachen Zug zu bringen, und so den Zylinder mit Kolben, die Ventile und das Innere der Verbrennungskammer mit einem Male freizulegen.

Die Maschine enthält eine ganze Reihe von besonderen Konstruktions-Einzelheiten, die dem Schiffsbetrieb angepaßt sind, so die selbsttätige Verlegung des Zündzeitpunktes bei wechselnder Umdrehungszahl, die Geschwindigkeits-Regelung, welche eine plötzliche volle Belastung trotz des überaus kleinen Schwungrades zuläßt, Einstellbarkeit der Lager entsprechend der

Erstes Versuchsboot für Gasmaschinen-Betrieb.

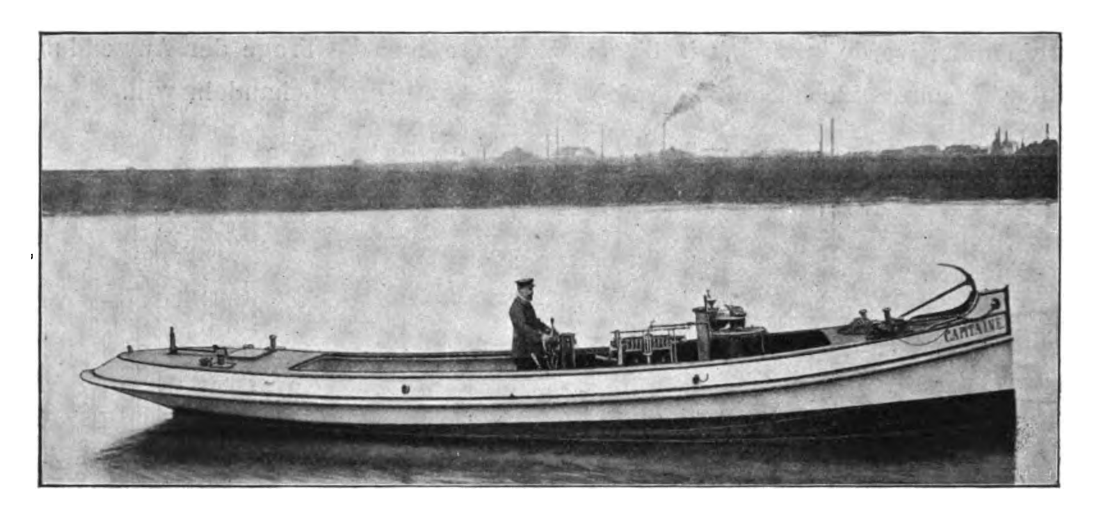


Fig. 23.

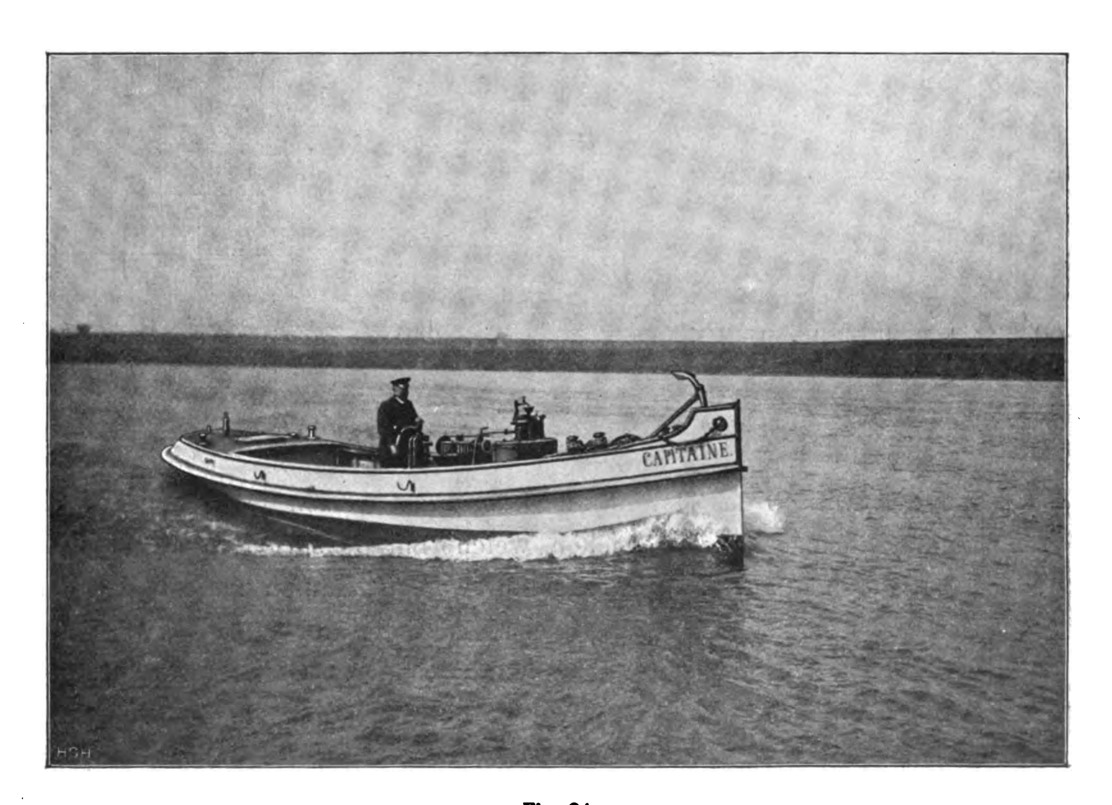


Fig. 24.

Druckbiegung der Welle, zentrale Schmierung aller Laufflächen, die selbsttätige Einrückung der Kompression usw. usw., auf welche ich nicht näher eingehen werde, weil ich in diesem Vortrage nur die Frage der Anwendung der Gasmaschine im Schiffsbetriebe im allgemeinen behandeln will.

Generator für eine 80 PSe. Schiffs-Gasmaschine.

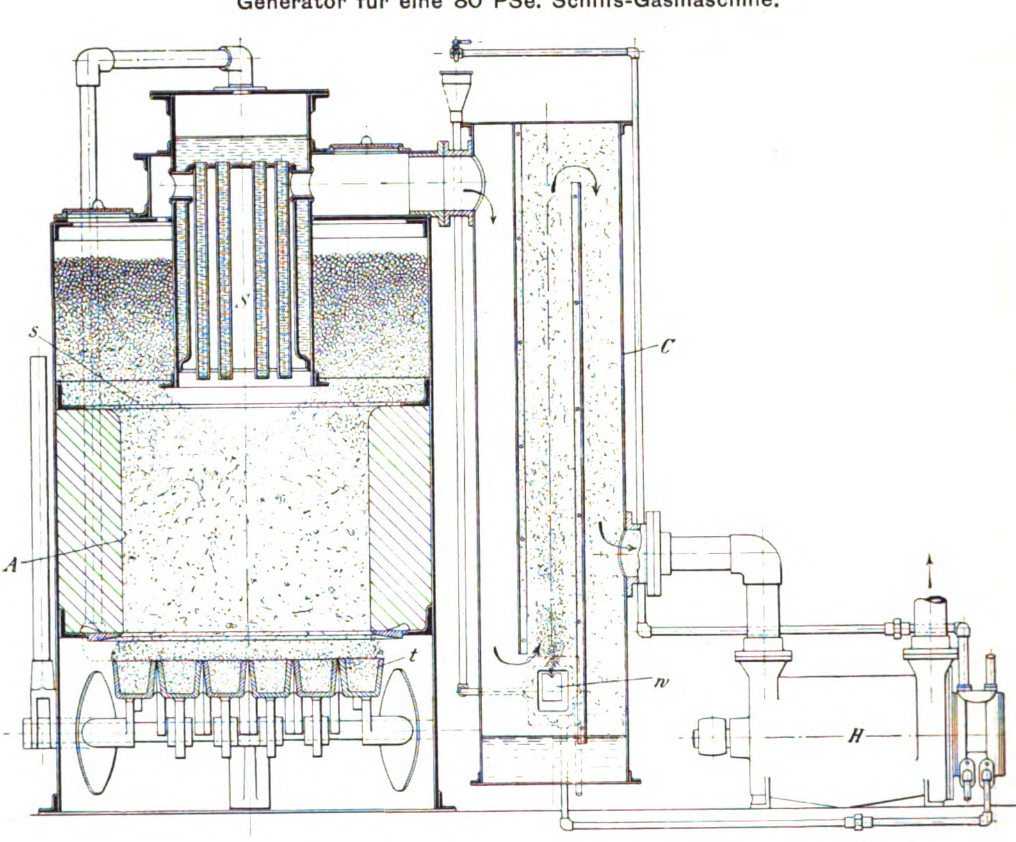


Fig. 25.

Für den Antrieb des Motors und für das Anblasen des Generators ist eine kleine Hilfsmaschine vorgesehen, welche mit Benzin oder Petroleum betrieben wird, und die täglich zumeist nur wenige Minuten zu arbeiten hat.

Den zu dieser Maschine gehörigen 80 PS Generator zeigt Fig. 25.

Es ist bisher noch nicht gelungen, in kleineren Generatoren, d. h. in solchen für weniger als 300 PSe., die gewöhnliche Steinkohle ohne Schwierigkeiten bezw. Umständlichkeiten zu verwenden. Man ist daher bei jenen kleineren Anlagen zurzeit noch auf Anthrazit und Koks angewiesen. Der hier gezeichnete Generator ist für Anthrazit-Betrieb konstruiert. Der Dampf-

erzeuger S liegt direkt über der Glutzone und ist von der Vorratkohle umgeben, die einen sehr vollkommenen Wärmeschutz bildet und durch den ringförmigen Spalt s in den Vergasungsschacht A fällt.

Der Rost ist aus trogartigen Stäben t gebildet, die mit Asche gefüllt, der glühenden Kohle nur eine sehr geringe Berührungsfläche, dagegen nach unten hin eine große Ausstrahlungsfläche darbieten. Die Erfahrung lehrte, daß selbst bei Anwendung stark vorerwärmter Luft dieser Rost durch Überhitzung nicht angegriffen wurde, während der übliche Rost unter gleichen Verhältnissen sehr bald zerstört wurde.

Das erzeugte Gas gelangt durch den Verdampfer S nach dem Kühl- und Reinigungsgefäß C, in welchem Wasser mittels Luft und Zerstäuber w auf das allerfeinste zerteilt und sozusagen in Nebelform umgewandelt wird. Die Oberfläche, die das Wasser in dieser Staubform dem Gase darbietet, ist eine so große und die Berührung von Wasser und Gas eine so innige, wie sie auf einem gleich beschränkten Raume bisher nicht möglich war.

Der durch den neuartigen Zerstäuber w in dem Gase gebildete Nebel, d. h. das innige Gemisch von Wasser und Gas wird in eine eigenartig konstruierte, von der Maschine angetriebene Gaszentrifuge H (s. Fig. 17a und 17b) geleitet und in dieser bei etwa 100 m Umfangsgeschwindigkeit pro Sekunde einer äußerst energischen Zentrifugalwirkung ausgesetzt, wobei sich die Wasserpartikelchen von dem Gase vollständig abscheiden, zugleich jene suspendiert im Gase enthaltenen Teer- und Aschepartikelchen, die einer leichteren Scheidung fähig sind. Aber auch ausgeschiedener fester Schwefel konnte in gewissen, nicht ganz unbedeutenden Mengen in der Zentrifuge festgestellt werden. Das Gas ist von einer Reinheit, die für eine gehörige Sicherheit des Betriebes völlig ausreichend ist. Ein vollkommen reines Gas zu erzielen, würde ungemein große Schwierigkeiten verursachen, und so erscheint es richtiger, die Maschine derartig zu konstruieren, daß eine Reinigung derselben äußerst bequem auszuführen ist, wie in Fig. 17c gezeigt wurde.

In Betreff der Wirtschaftlichkeit des Betriebes der mit Anthrazit und Koks betriebenen Schiffs-Gasmaschine, also bei Kraftleistungen von 20 PSe. bis 300 PSe. ist das folgende zu sagen:

Unbestreitbar ist die Wärmeausbeute in der heutigen Gasmaschine bereits eine erheblich höhere, wie in der Dampfmaschine, gleichgültig ob eine Kolben-Dampfmaschine oder Dampfturbine benutzt wird. Diese Überlegenheit der Gasmaschine gegenüber der Dampfmaschine ist allerdings nur dann zu

konstatieren, wenn eine mehr oder minder volle Belastung derselben stattfindet. Vermindert sich die Kraftbeanspruchung, dann sinkt die Wärmeausbeute sehr rasch, um bereits bei 50 Proz. Belastung diejenige einer vollendeten stationären Dampfmaschine zu unterschreiten.

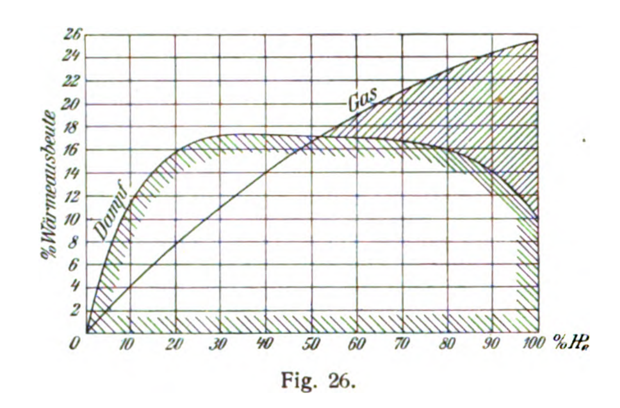


Fig. 26.

In Fig. 26 ist das Wärmeausbeute-Diagramm der Gasmaschine und der hochentwickelten stationären Dampfmaschine gezeichnet, wobei eine konstante Umdrehungszahl angenommen ist. Im Schiffsbetriebe wird sich die Kurve der Gasmaschine etwas günstiger gestalten, weil mit der verminderten

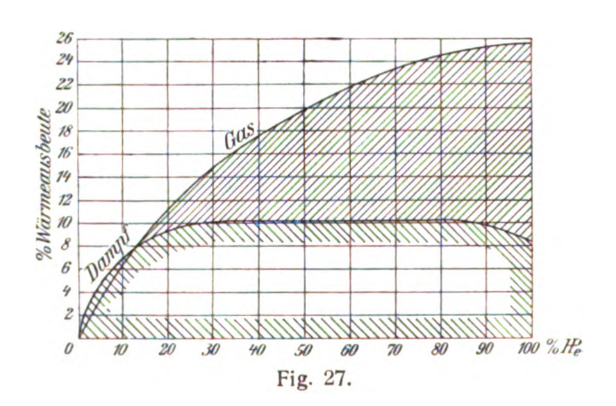


Fig. 27.

Kraftleistung ein Sinken der Umdrehungszahl, d. h. Verringerung der Reibungsarbeit, verbunden ist, und die Kurve dadurch höher verläuft, wie in Fig. 27 skizziert ist. Andererseits wird die Kurve der Dampfmaschine nicht jene Höhe erreichen, die in Fig. 26 angegeben ist. Die Wärmeausbeute von 17 Proz. ist in Schiffs-Dampfmaschinen meines Wissens selbst bei ganz großen Kräften nie erreicht worden, und kleinere Ausführungen von etwa 100 PS verbrauchen

erfahrungsgemäß pro effektive Pferdekraft und Stunde ca. 1—1,2 kg Kohle von 7000 C., die Wärmeausbeute ist hier sonach weniger als 10 Proz. Charakteristisch für die Dampfmaschine ist, daß die Wärmeausnützung derselben umso geringer wird, je kleiner ihre Ausführung ist. Die heutige Gasmaschine zeigt das umgekehrte Bild, wenn auch nicht in dem gleichen zunehmenden Maßstabe, sofern man 50 PSe. als kleinste und 2000 PSe. als größte Ausführung annimmt.

Aus vorstehendem ergibt sich die hohe thermische Überlegenheit der Schiffs-Gasmaschine bei kleineren Kräften, und obwohl der Preis von Anthrazit und Koks gegenüber der von der Dampfmaschine verwendeten Kohle im Mittel 50 Proz. höher anzunehmen ist, verbleibt immer noch ein bedeutender wirtschaftlicher Gewinn, indem die Kosten für den Brennstoff einer beispielsweise 100 PSe. Gasmaschine weniger als die Hälfte derjenigen einer gleich starken Dampfmaschine betragen.

Mit der Zunahme der Kraftleistung sinkt der wirtschaftliche Nutzen der Gasmaschine gegenüber der Dampfmaschine, und zwar bis zu jener Grenze, wo an Stelle des Anthrazit und Koks die billigere Kohle zu verwenden ist. Hier ist der Nutzen zunächst wieder ein größerer, um bei 1000 PSe. um ein Geringes reduziert, durch Schwierigkeiten, die die Natur des Schiffsbetriebes mit sich bringt, fraglich zu werden. Erheblich bleibt bis 1000 PS stets die Gewichts- und Raumersparnis bei Anwendung der Gasmaschine, sofern rationell arbeitende Dampfmaschinen gegenübergestellt werden.

Zu den prinzipiellen Schwächen der heutigen Gasmaschine im Schiffsbetriebe gehört die Umsteuerung derselben.

Man hat Benzin-Gasmaschinen im Bootsbetrieb durch Preßluft umsteuerbar gemacht. Soll diese Umsteuerung sicher wirken, so erfordert sie Einrichtungen, die für kleinere Maschinenanlagen allzu kompliziert ausfallen. Für Maschinen bis 200 PSe. erscheint die Schraube mit verstellbaren Flügeln am geeignetsten, weil sie beliebige Verlangsamung der Fahrt und sofortige Umsteuerung in einfachster Weise zuläßt. Der Vorwurf der geringen Haltbarkeit, der dieser Schraube den festen Schrauben gegenüber gemacht wird, trifft bei der hier abgebildeten Konstruktion von Meißner (Fig. 28) nach meinen Erfahrungen nicht zu. Die Flügel sind äußerst solide in der Nabe gelagert, und die Bewegung durch Zapfen und Schleife läßt an Einfachheit nichts zu wünschen übrig. Wird ein Flügel abgeschlagen, so findet keine Beschädigung der Nabe statt, und ein neuer Flügel ist äußerst bequem wieder einzusetzen. Ob die Schraube sich derart konstruieren läßt, daß ihr Nutz-

effekt — immer jene kleineren Kräfte vorausgesetzt — demjenigen der festen Schraube nahekommt, oder ihn erreicht, muß erst noch durch praktische Versuche festgestellt werden.



Verstellbare Schiffsschraube.

Umsteuerung.

Fig. 28.

An Stelle der verstellbaren Schraube ist auch das sogenannte Wendegetriebe anwendbar.

Ein solches ist in Fig. 29 gezeichnet. D ist die Motorwelle, S die Schraubenwelle; beide sind nicht direkt zusammenhängend, sondern durch Zahnräder R, r, r, r, i, i, i und n miteinander verbunden. Die Friktions-Kuppelung K verbindet das Zahnrad R mit der Motorwelle D. Ist das Zahnrad R mit dem Gehäuse G durch die Klauen v gekuppelt, dann bilden diese Teile mit der Schraubenwelle S ein geschlossenes Ganze und machen demgemäß die Rotation der Wellen mit. Wird die Klauenkupplung v nach links verschoben und hierauf das Gehäuse G durch ein Bremsband h festgehalten, dann versetzt das Rad R die in dasselbe eingreifenden

Zahnräder-Wendegetriebe für die Schiffsschraube.

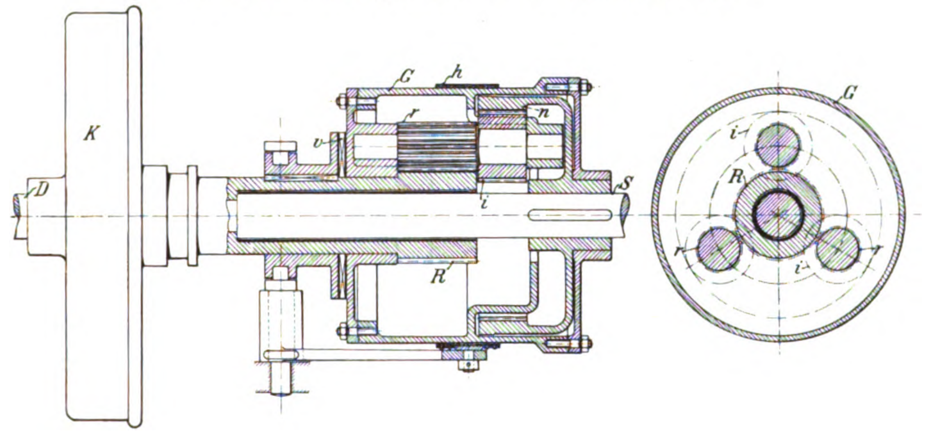


Fig. 29.

drei Zahnräder r und gleichzeitig die Zahnräder i in Drehung. Da letztere in das innenverzahnte Rad n greifen, das auf der Schraubenwelle S sitzt, so wird diese in entgegengesetzter Richtung gedreht.

Dieses Wendegetriebe hat den Vorzug, daß es von kleinen Dimensionen und durchaus dauerhaft ist, sowie bei Rückwärtsfahrt die Schraube mit um $^1/_3$ reduzierter Umlaufsgeschwindigkeit antreibt. Wird nämlich die Schraube mit der gleichen Umlaufzahl für Rückwärtsfahrt laufen gelassen, wie für Vorwärtsfahrt, dann kann durch die vermehrte Reibungsarbeit der Motor zuweilen nicht auf die richtige Umlaufzahl gelangen, und es besteht die Gefahr eines Stillstandes, namentlich, wenn einer der vier Zylinder versagen, oder das Gas nicht vollwertig sein sollte. Gerade die kleineren Fahrzeuge kommen am meisten in die Lage, plötzlich rückwärtsfahren zu müssen, und demgemäß ist hierbei unbedingte Sicherheit hinsichtlich der Umsteuerung mehr wie bei größeren Fahrzeugen geboten.

Bei dieser Gelegenheit sei auch daraut hingewiesen, daß die Natur der heutigen Gasmaschine bedingt, daß bei verminderter Umdrehungszahl die Arbeit der einzelnen Kraftschube mehr und mehr abnimmt, ganz im Gegensatz zu der Dampfmaschine, welche durch Anwendung größerer Füllungen sogar einen über den normalen hinausgehenden Widerstand zu überwinden vermag. Für Schiffs-Gasmaschinen mit einer Leistung von über 200 PS ist meines Erachtens weder die verstellbare Schraube noch das Wendegetriebe vorteilhaft, dann ist die Preßluft-Umsteuerung am Platze, welche die Drehrichtung der Maschinenwelle umkehrt.

Mit der Zunahme der Kräfte wachsen auch die nötigen Schwungradmassen ganz außerordentlich. Denn je größer die Kraftleistung des Motors ist, um so größer werden die Kolbenhube und die hin- und herbewegten

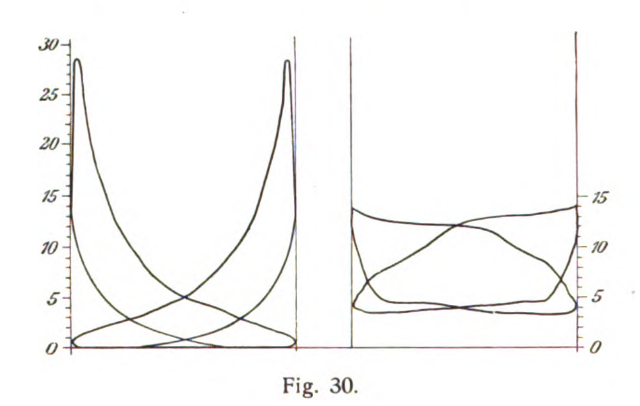


Fig. 30.

Massen, wie Kolben und Pleuelstange. Da die bei Gasmaschinen üblichen schweren Fundamente im Schiffsbetriebe ausgeschlossen sind, möglichste Vermeidung von Erschütterungen sogar Bedingung ist, so kann man über eine Kolbengeschwindigkeit von 4 m keinesfalls hinausgehen, und dies führt zu niedrigen Umlaufzahlen, sowie zu verhältnismäßig kleinen Zylinder-Durchmessern und langen Kolbenhuben.

Wird die Umdrehungszahl noch weiterhin vermindert, wie es verlangsamte Fahrt erfordert, dann arbeitet die heutige Gasmaschine im höchsten Grade unrationell, weil die Wärme der arbeitenden, hocherhitzten Gase zu viel Gelegenheit und Zeit findet, auf die gekühlten Wandungen überzugehen, d. h. sich abzukühlen.

In Fig. 30 sind die Diagramme des Hochdruck-Zylinders einer dreizylindrischen Expansions-Dampfmaschine und die einer Gasmaschine gezeichnet, während Figur 31 die Dimensionen der Kurbelwelle einer Schiffs-

Dampfmaschine von 2000 PSi. bei 75 U. p. M. zeigt. Wie aus dem Diagramm ersichtlich, ist der Höchstdruck der Dampfmaschine ca. 15 Atm., bei einem nutzbaren Mitteldruck von 6,8 Atm., während der Höchstdruck der Gasmaschine mit 30 Atm. angenommen werden muß, der nutzbare Mitteldruck dagegen nicht höher ist, wie der der Dampfmaschine. Diese Welle, die, wie gesagt, für eine 2000 PSi. Dampfmaschine dimensioniert ist, würde bei gleicher Umlaufzahl für eine Gasmaschine von nur wenig mehr als 1000 PS geeignet sein, selbst wenn man 6 Zylinder anwendet, die paarweise, wie in Fig. 7 gezeichnet, angeordnet sind.

Kurbelwelle einer Schiffs-Dampfmaschine von 2000 PSi.

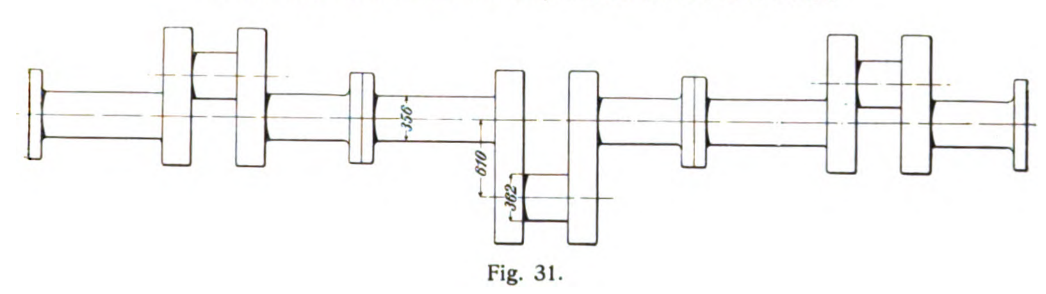


Fig. 31.

Meiner Ansicht nach wird die heutige Gasmaschine für Kraftleistungen von mehr als 1000 PSe. (bezw. 2000 PSe. bei Doppelschrauben) im Schiffsbetriebe nicht in Wettbewerb mit der Dampfmaschine treten können.

Die Firmen William Beardmore & Co. Ltd. Glasgow und John J. Thornycroft & Co. Ltd. London haben es unternommen, eine 4 zylindrische Schiffsgasmaschine nach meiner Konstruktion zu bauen, deren Leistung 600 PSe beträgt und durch eine eventl. spätere Hinzufügung von weiteren 2 Zylindern auf 900 PSe (entsprechend einer Dampfmaschine von 1000 PSi gebracht werden soll. Im kommenden Jahre wird sich also die Brauchbarkeit der Viertaktmaschine auf Seeschiffen zu erweisen haben.

Wie vollständig man in Fachkreisen die heutige Gasmaschine als die einzig mögliche erachtet, geht aus dem Ruf bekannter Motorenfachleute hervor: „Weniger erfinden, mehr konstruieren“ und derselbe hat ein lebhaftes Echo in Fachkreisen gefunden.

Ich konnte mich dieser Ansicht nicht anschließen, weil die eingehende Prüfung der heutigen Gasmaschine in ihrer Anwendung für den Schiffsbetrieb mich die gänzliche Unzulänglichkeit bei größeren Kraftleistungen erkennen

ließ. Es war weniger die Absicht der Erzielung einer höheren Wärmeausbeute, als die Verdrängung der Dampfmaschine im Schiffsbetriebe. welche mich unausgesetzt nach einem neuen System einer Gasmaschine zu suchen veranlaßte. Die Bedingungen, die an eine Großgasmaschine für Schiffsbetrieb zu stellen sind, sind in der Hauptsache stoßfreier Gang und beliebige Verlangsamung der Fahrt bei sofortiger Umsteuerbarkeit. Natürlich soll die Gasmaschine auch eine erheblich geringere Wärmemenge verbrauchen, da sonst kein Grund vorläge, die heutige Dampfmaschine zu verdrängen. Für die rationelle Wärmeausbeute ist jedoch Voraussetzung, daß die höchstmöglichen Kompressions- und Verbrennungsdrucke in der Maschine Anwendung finden können, ferner, daß die Expansion der Gase möglichst rasch und unabhängig von der Umdrehungszahl der Schiffsschraube erfolgt. Auch ist zu erstreben, daß die relativ großen, bezw. schweren Kurbelwellen in ihren Dimensionen reduziert werden. Es muß ohne weiteres einleuchten, daß alles Konstruieren der Welt die heutige Gasmaschine hierzu nicht entwickeln konnte. Letztere hatte die Getriebe der Dampfmaschine einfach übernommen, obwohl ihre Natur ganz andere Wege wies.

Eine Betrachtung der Betriebsergebnisse der Lenoirschen Maschine Fig. 1 und der Freiflug-Kolbenmaschine (Barsanti-Matteucci, Otto-Langen, Gilles usw.) Fig. 2 mußte den Fachmann veranlassen, den Ursachen dieser auffälligen Verschiedenheiten in der Wärmeausbeute nachzugehen. Während die Maschine Fig. 1 wenigstens 2000 l Gas pro Stunde und eff. Pferdestärke verbrauchte, war der Verbrauch der Maschine Fig. 2 nur etwa 800 l, ja die indizierte Leistung dieser ohne Verdichtung arbeitenden Maschine zeigt 16,5 Proz. der Wärmeausbeute und die Diagramme ließen dabei noch einen erheblichen Wärmeverlust durch Nachbrennen erkennen. Dem Fachmanne mußte klar werden, daß wenn dieses Nachbrennen beseitigt, eine nur zweipferdige Freiflugkolben-Maschine bis 20 Proz. Wärmeausbeute indizieren konnte. Eine wesentlich bessere Wärmeausbeute hat man bei derartig kleinen Kräften selbst in den heutigen Maschinen mit Kompression nicht erreicht.

Alle meine Betrachtungen führten mich immer wieder auf den Freiflugkolben, denn, so schloß ich, wenn ein Freiflugkolben-Motor ohne Kompression bereits eine so hohe Wärmeausbeute gegenüber den Maschinen mit zwangläufig bewegtem Kolben hat, dann muß eine mit hoher oder höchster Kompression arbeitende Freiflugkolben-Maschine einen viel höheren Nutzeffekt zulassen.

Systematisch und planmäßig ging ich an die Aufgabe, eine Hochdruck-Freiflugkolben-Maschine zu schaffen. Statt der Nutzbarmachung des emporgeschleuderten Gewichtes und des äußeren Atmosphärendruckes nahm ich zunächst an, die Kolben gegen einen höheren Atmosphärendruck fliegen zu lassen, was bereits bei der gewöhnlichen ohne Kompression arbeitenden Freiflugkolben-Maschine ohne ersichtlichen Grund und Vorteil versucht worden war. Diese höhere Atmosphäre sollte auf dem Rückwege des Kolbens die Kompression des Gemisches im Zylinder bewirken. Das Einführen

Hochdruck-Flugkolbenmaschine.

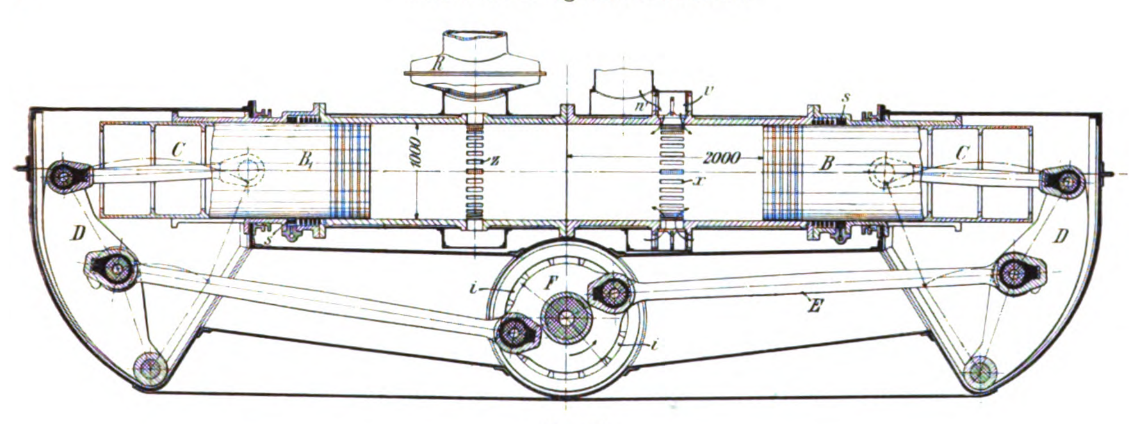


Fig. 32.

reinen Gasgemisches und das Ausblasen der verbrannten Gase sollte wie bei der Zweitakt-Maschine erfolgen. Dies war die grundlegende Idee.

Vor etwa 9 Jahren hatte ich einen Schutz auf das neue Arbeitsverfahren nachgesucht, ich ließ die Sache aber wieder fallen, weil ich bei dem Versuche einer praktischen Gestaltung dieses Gedankens auf allzuviele konstruktive Schwierigkeiten stieß. Allein die Mängel der gegenwärtigen Gasmaschine führten mich immer wieder zurück zu der Konstruktion und praktischen Gestaltung dieser auf den ersten Blick etwas abenteuerlich erscheinenden Idee, und zunehmend wurde ich bald der einen, bald der anderen der vielen Schwierigkeiten Herr, bis ich vor 2 Jahren, also nach siebenjähriger Entwickelung der Idee glaubte zur Ausführung schreiten zu können. Zum zweiten Male beantragte ich die Patentierung; es zeigten sich abermals konstruktive Schwierigkeiten, an deren Lösung ich verzweifelte, und ich zog das Patentgesuch zum zweiten Male zurück.

Inzwischen habe ich nun die letzten konstruktiven Schwierigkeiten beseitigt und bin heute in der Lage, eine im Detail ausgearbeitete und durchdachte Konstruktion der neuen Maschine vorführen zu können.

In Fig. 32 und 33 ist eine Zylinder-Einheit für eine Leistung von 2000-2500 PSe. dargestellt. In einem horizontalen Zylinder bewegen sich gegenläufig 2 Kolben BB_1, die durch Verbindungsstangen C mit den schwingenden Hebeln D, und diese wiederum durch Stangen E mit einer auf der Maschinenwelle oszillierenden Scheibe F verbunden sind, wobei die beiden Drehzapfen der

Hydraulische Kuppelung der neuen Flugkolbenmaschine.

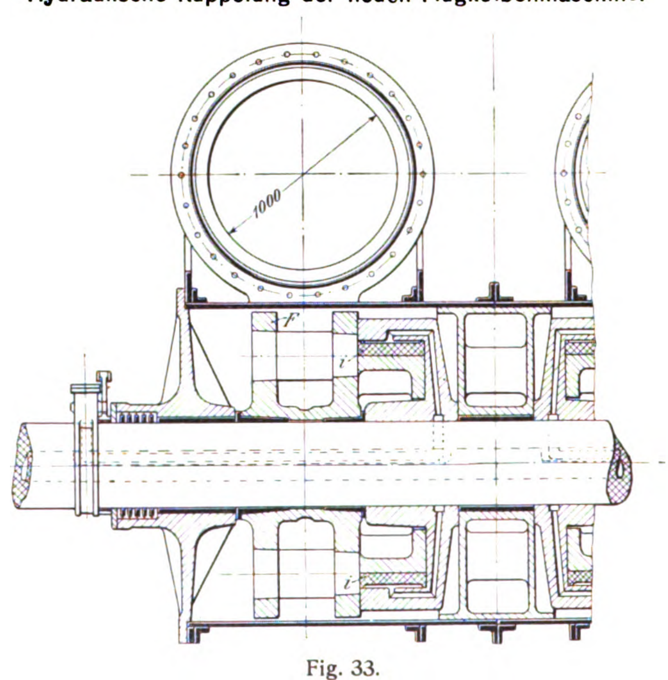


Fig. 33.

letzteren derart zu einander stehen, daß die Einwärtsbewegung des einen Kolbens eine gleiche Einwärtsbewegung des anderen Kolbens zur Folge haben muß. Ebenso verhält es sich mit der Auswärtsbewegung der Kolben. Die beiden offenen Enden des Zylinders münden in den nach außen dicht abgeschlossenen Hohlraum, in welchem der gesamte Triebmechanismus liegt, und der von einem höheren Druck, zirka 3 Atm., erfüllt ist. Dieser Überdruck bestrebt die Kolben gegeneinander zu bewegen.

Befinden sich die Kolben in der gezeichneten ausgeschobenen Stellung, und ist ein brennbares Gemisch durch die Einlaßöffnungen x in den Zylinder gesogen worden, welches die linke Hälfte des Zylinders erfüllt, dann bewegen



sich die Kolben durch den auf ihnen lastenden Überdruck gegeneinander, und es findet eine Kuppelung der oszillierenden Scheibe F mit der eigentlichen Maschinenwelle statt, welche eine Drehung in der Richtung des Pfeiles erfährt. Dabei werden die in der linken Hälfte des Zylinders befindlichen verbrannten Gase durch die Auslaßöffnungen ausgestoßen und hiernach die Auslaßöffnungen z durch Übertreten des Kolbens B_1 geschlossen, während die Einlaßöffnungen bereits durch den Kolben B verdeckt sind. Im Weiteren wird die oszillierende Scheibe von der Welle entkuppelt, alsdann nähern sich die Kolben im freien Fluge, durch den auf ihn lastenden Gasdruck beschleunigt, mit hoher Geschwindigkeit einander so weit, bis die Kompression des zwischen diesen Kolben befindlichen Gasgemisches sich auf jenen Grad steigert, wo die Selbstentzündung des Gasgemisches erfolgt. Es

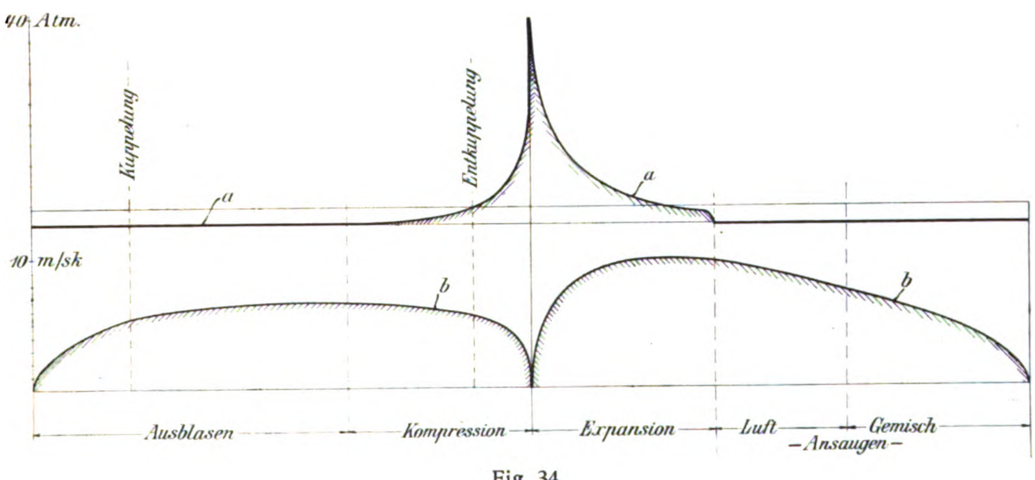


Fig. 34.

entsteht in diesem Augenblick ein hoher Verbrennungsdruck, welcher die Kolben mit einer Geschwindigkeit bis 10 m pro Sekunde auseinander und gegen den Gasdruck im Maschinengehäuse treibt. Die Arbeit, die durch die Expansion der Verbrennungsgase verrichtet wurde, ist durch den Widerstand, den jener Gegendruck den beiden Kolben darbietet, in eine Verdrängung des druckerfüllten Raumes umgewandelt worden, mit anderen Worten, das Diagramm, welches einen Anfangsdruck von zirka 40 Atm. und einen Enddruck von etwa 2 Atm. Überdruck aufweist, ist in einen fast konstanten Gegendruck von zirka 3 Atm. zerlegt worden. Dieser niedrige Druck bewirkt, wie vorhin erwähnt, den Rückgang der Kolben und die arbeitverrichtende Um-

drehung der Triebwelle sowie die hohe Kompression des Gasgemisches. Die Druck-Diagramme a und Geschwindigkeits-Diagramme b (Fig. 34) veranschaulichen die Arbeitsweise im besonderen.

Wie ersichtlich, werden die hohen Verbrennungsdrucke durch das Triebwerk nicht direkt nutzbar gemacht, vielmehr sind die Zapfen und Lager lediglich durch den niedrigen Druck und dazu fast gleichmäßig belastet. Die Kompression und Expansion erfolgt in der denkbar kürzesten Zeit, ja sie erfolgt so schnell, daß es eines rasch brennbaren Gases und einer sehr guten Mischung des Gases mit der Luft, sowie einer Vorentzündung, d. h. Überkompression bedarf, um ein verlustbringendes Nachbrennen der Gase zu vermeiden. Das Gemisch kann wie in keiner der bestehenden Gasmaschinen bei vorheriger, vollkommenster Mischung hoch komprimiert und durch die Kompression hoch erhitzt sein, was die rascheste Verbrennung ermöglicht. Der Übergang der Wärme der hoch erhitzten, verbrannten Gase auf die Wandungen von Zylinder und Kolben ist wegen der sehr kurzen Zeit der Expansion erheblich geringer, wie bei der bestehenden Großgasmaschine; sie vollzieht sich in jener 2000 PSe. Maschine, selbst bei der niedrigsten Umlaufzahl der Welle in kürzerer Zeit, wie beispielsweise in einer Maschine der heutigen Art von nur 150 PSe.

Sind die Kolben so weit auseinander geschleudert worden, daß der linke Kolben B_1 die Einlaßöffnungen x freizulegen beginnt, dann entweicht der im Zylinder noch herrschende Überdruck von etwa 1,5 bis 2 Atm. ins Freie. Ventile, die im Kasten B angebracht sind, verhindern den Rücktritt der Gase. Bei dem weiteren Fluge der Kolben wird zunächst Luft durch den Schieber v, und dann ein Gasgemisch durch den Schieber w angesogen. Die Luft bildet einen Schutz gegen eine Mischung des brennbaren Gasgemenges mit den verbrannten Gasen und wird zum größten Teil auf dem Rückwege der Kolben von letzterem gleich den verbrannten Gasen ausgestoßen. Sobald die Kolben am Ende ihres Fluges angelangt sind, werden sie durch Anpressen der Bremsbacken s, was hydraulisch geschieht, während einer kurzen Zeit festgehalten, in dieser Zeit erfolgt Druckausgleich im Arbeitszylinder mit der äußeren Atmosphäre, d. h. der Zylinder füllt sich vollständig mit Gasgemisch. Hierauf tritt eine Entlastung der Bremsbacken s durch Aufheben des hydraulischen Druckes ein, und die Kolben beginnen durch den Druck der höheren Atmosphäre den Rücklauf, bei welchem die oszillierende Scheibe F in dem Moment mit der Triebwelle stoßfrei auf hydraulischem Wege, d. h. durch Eintretenlassen einer kleinen Flüssigkeitsmenge von zirka 100 Atm. in die



hinter den Backen i liegenden elastischen Kissen, gekuppelt wird, wo die Umdrehungsgeschwindigkeit der oszillierenden Scheibe mit der Umdrehungsgeschwindigkeit der Triebwelle zusammenfällt. Jetzt findet eine arbeitverrichtende Drehung der Welle statt, bis zu dem Augenblicke, wo die zur Kompression erforderliche Arbeit einen Freiflug der Kolben bis zum Stillstande derselben nötig macht.

So einfach die Wirkungsweise erscheint, so schwierig war die Beherrschung der freifliegenden Massen, weil der Ausflug der Kolben in erster Linie von dem Wärmewert und der Menge des zur Verbrennung gelangenden Gases, und im weiteren von der Höhe der Kompression abhängt. Es mußten Einrichtungen geschaffen werden, welche selbsttätig und mit Sicherheit allen Zufälligkeiten begegneten.

Da bei dieser Maschine die Hublänge, d. h. der Ausflug der Kolben die Menge des in den Zylinder angesogenen Gasgemisches und der Schutzluft bedingt, so lag die größte Schwierigkeit darin, bei einem zufällig weniger großen Hube der Kolben die genügende Gasmenge in den Zylinder anzusaugen. Da, wie gesagt, vor dem Ansaugen des Gasgemisches ein beträchtliches Volumen von atmosphärischer Luft, sogenannter Schutzluft, in den Zylinder gelangt, so war in der Verminderung des angesogenen Volumens jener Schutzluft ein Mittel gegeben, bei einem weniger großen Ausfluge des Kolbens noch eine genügend große Menge Gasgemisch in den Zylinder zu bringen. Allerdings findet in diesem Falle eine geringe Mischung des brennbaren Gemisches mit verbrannten Gasen und ebenso ein mehr oder minder großer Verlust an solchem statt.

Die Fälle, wo die Kolben infolge von Zufälligkeiten nicht ihren vollen Ausflug erreichen, gehören indessen zu den Ausnahmen und war die wichtigste Aufgabe, einen Stillstand des Kolbenspieles der Maschine zu vermeiden. Für den Fall, daß die Verbrennung eine derart ungenügende sein sollte, daß der Ausflug der Kolben vollständig unzulänglich ist, oder daß eine Verbrennung überhaupt nicht erfolge, ist ein besonderes Ventil vorgesehen, welches aus einem Behälter Gasgemisch von etwa 4 Atm. Druck zwischen die Kolben treten läßt und zwar in einer ganz bestimmt abgemessenen Menge, worauf das Ventil sich schließt, und eine elektrische Zündvorrichtung das Gemenge entzündet; die Kolben erlangen dann einen genügend großen Ausflug, um diejenige Menge vom Gemisch anzusaugen, daß das Spiel der Kolben von neuem beginnt. Übrigens würde jede andere Gasmaschinen-Konstruktion ebenso versagen, denn der einzige Fall, der bei einem regelrechten Funktio-



nieren der Steuerungsmechanismen das Kolbenspiel stören würde, oder gar aufheben könnte, ist ein Gas von ungenügendem Heizwerte, ein solches bringt indessen auch die Gasmaschine der heutigen Konstruktion außer Tätigkeit. Ein Heizgas von stets gleichem Heizwerte kann mit Hilfe meines Verfahrens zur Konstanterhaltung der Temperatur im Generator mit Sicherheit erreicht werden.

Ein ganz besonderer Vorzug der neuen Maschine ist darin zu erblicken, daß die Kolben ohne Hilfspumpen das Gasgemisch bei nur zwei Huben ansaugen, komprimieren, unter dem höchstmöglichen Drucke zur Verbrennung bringen, die Expansion der Gase in kürzester Zeit nutzbar machen und die verbrannten Gase ausstoßen. Es ist also nicht ein besonderer Hubwechsel für das Ansaugen und Komprimieren des Gemisches wie bei der Viertaktmaschine nötig. Allerdings ist der Hub der Kolben verhältnismäßig länger, weil hierbei das Ansaugen und Ausstoßen einer größeren Menge von Schutzluft nötig ist. Der Reibungswiderstand in dieser Maschine dürfte trotzdem ein geringerer sein, wie bei der auf dem Viertakt beruhenden Großgasmaschine.

Die Umsteuerung der Maschine geschieht durch zwei hydraulisch bewegte Kolben, die bei Stillstand die Welle um einen Viertelkreis nach der einen oder der anderen Richtung drehen. Sobald die Kolben und die Drehzapfen nur eines Zylinders resp. nur einer Maschine über den toten Punkt hinaus gebracht worden sind, ist das Spiel der übrigen Zylinder in dem gleichen Sinne sofort und ohne weiteres einzuleiten, indem die Kolben des nächsten Zylinders durch den in entgegengesetzter Richtung arbeitenden Zylinder über den toten Punkt gebracht werden. Endlich ist noch zu bemerken, daß die Kuppelung der Kolben mit der Welle stets dann erfolgt, wenn die kraftverrichtende Wirkung des anderen Zylinders aufhört. Selbst in dem Falle, daß einer oder zwei Zylinder von vier Zylindern versagen sollten, würde infolge jener Abhängigkeit der kraftverrichtenden Wirkung der Zylinder von einander eine Ungleichförmigkeit des Ganges der Maschine nicht für einen Augenblick herbeigeführt werden.

Die Wärmeausbeute läßt sich in der neuen Maschine noch um mehrere Prozent steigern, indem man die Gase bis zur praktisch noch nutzbringenden unteren Grenze expandieren läßt. In diesem Falle werden die Auslaßöffnungen z durch Ventile abgeschlossen und erst kurz vor Freilegen der Einlaßkanäle x geöffnet, dagegen auf dem Rückwege die Ventile nicht früher geschlossen, bis der Kolben B_1 die Auslaßkanäle z verdeckt hat. Der Kolbenweg



während der Expansion ist zirka 50—60 Proz. größer wie derjenige während der Kompression; das zur Kompression gelangende Gasgemisch-Volumen beträgt sonach kaum $^2/_3$ des Expansions-Volumens.

Die spezifische Leistung dieser Maschine würde etwas geringer sein, wie diejenige der in Fig. 32 dargestellten.

Um die hydraulischen Kuppelungen, die Einlaßschieber sowie die Auslaßventile rechtzeitig zu betätigen und zwar unter Berücksichtigung der durch die Verbrennung jeweilig geleisteten Arbeit, dazu sind Einrichtungen vorgesehen, die eine recht verwickelte Wirkungsweise zeigen. Das rechtzeitige Eingreifen des einen Zylinders, wenn der andere seine Kraft abgegeben, die Äußerung halber Kraftleistung, die Gemischbereitung, die gleichmäßige Kühlung von Zylinder und Kolben, die Schmierung und Nachstellung der eingeschlossenen Drehzapfen, der Aufbau, resp. das Zusammensetzen der Maschine, die Demontage, der Einbau im Schiffe usw. usw. müßten neben den Steuerungs-Einrichtungen einer eingehenden Darstellung und Besprechung unterzogen werden, um ein Urteil über die rein praktische Seite der neuen Maschine zu ermöglichen. Eine solche würde aber für sich allein den Umfang vorliegender Arbeit übersteigen und vom Thema allzusehr abschweifen. Ich muß mich daher darauf beschränken, zu erklären, daß alle jene Punkte, in einer jahrelangen Arbeit eine Behandlung im Detail, und wie ich glaube, eine durchaus gehörige und zweckmäßige Lösung erfahren haben.

Auch an Hand eingehendster Erläuterungen würde ein abschließendes Urteil über den praktischen Wert oder Unwert dieser neuen Maschine kaum möglich sein. Das 20 PS. Modell derselben, das ich ausgeführt habe, zeigt die praktische Durchführbarkeit, ist jedoch nicht geeignet, die praktische Brauchbarkeit einer mehrtausendpferdigen Maschine zu erweisen; da ist die Ausführung und Erprobung einer solchen unumgänglich.

Eine Betrachtung der Wirkungsweise der Maschine läßt mit Sicherheit annehmen, daß der Wärmeverbrauch auf etwa 1750 Kalorien pro Stunde und PSe. reduziert werden kann. Nimmt man den Nutzeffekt des Generators bei Nutzbarmachung der Wärme der Abgase der Maschine und der Abwärme des Generators mit 90 Proz. an, dann würde der Verbrauch an Kesselkohle, von 7000 Kalorien Wärmewert etwa 0,3 kg pro Stunde und PSe. betragen, während die beste der heutigen Schiffsdampfmaschinen einen Verbrauch von mehr als 0,6 kg pro PSe. und Stunde aufweist. Eine Schiffsdampfmaschine (Kolbenmaschine oder Turbine) von beispielsweise 20 000 PSe. mit jährlich 2500 Betriebsstunden würde rund 30 000 t, die Gasmaschine dagegen nur



15 000 t Kohle verbrauchen. Hieraus ergibt sich eine jährliche Kohlenersparnis von 15 000 t die einen Wert von rund 200 000 M. repräsentieren.

Nun ist behauptet worden, daß die Dampfturbine durch die Gasmaschine unerreichbar sei, weil sie in der Anschaffung wesentlich billiger und in der Konstruktion erheblich einfacher sich gestaltet.

Nimmt man an, daß die Dampfturbinen-Anlage mit Kesseln bei einer Leistung von 20 000 PSe. um 300 000 Mark billiger auszuführen sei, wie die neue Gasmaschine mit Generatoren, so wäre diese Preisdifferenz bereits nach $1\frac{1}{2}$ jährigem Betriebe durch die Kohlenersparnis ausgeglichen. Es ist aber anzunehmen, daß bei der sehr billigen und einfachen Ausführung der großen Generatoren gegenüber den Dampfkesseln eine Preisdifferenz zwischen Gasmaschinenanlage und einer vollständigen Dampfmaschinenanlage unter Anwendung von Turbinen überhaupt nicht besteht.

Einer der wesentlichsten Vorteile der Großgasmaschine im Schiffsbetriebe würde, wie bereits angedeutet in der größeren Unabhängigkeit von den Kohlenstationen liegen. Die Kohlenstationen sind von den zumeist in erheblicher Entfernung liegenden Orten der Gewinnung der Kohle aus zu versorgen; abgesehen davon, daß die Beförderung der Kohle zu diesen Stationen besondere Kosten verursacht, erlangt das Fahrzeug durch die Gasmaschine eine größere Unabhängigkeit, und dies ist in politischer Hinsicht und in Fällen eines Seekrieges von eminenter Bedeutung, wie wir im gegenwärtigen russisch-japanischen Kriege beobachten können.

Im vorgesagten habe ich in großen Zügen eine Erklärung der Gasmaschine mit Generator sowie eine objektive Würdigung ihrer Vorzüge und Nachteile als Schiffsmaschine versucht. Ohne auf die Einzelheiten näher eingegangen zu sein, dürften meine Darlegungen hinreichend die Schwierigkeiten erkennen lassen, die namentlich der Anwendung der Großgasmaschine im Schiffsbetriebe entgegenstehen.

Eine Betrachtung der theoretischen Grundlagen der Gasmaschine einerseits und der Dampfmaschine andererseits ergibt unzweifelhaft die hohe thermische Überlegenheit der ersteren. Man bedenke, daß es gilt, mehr als die Hälfte der im Schiffsbetriebe verwendeten Kohle zu ersparen, und so einen erheblichen Teil des Kohlenvorrates unseren Nachkommen zu erhalten, daß es ferner gilt, die Schiffe auf hoher See vom Festlande unabhängiger zu machen, die Fahrzeuge durch die Kraftanlage weniger zu belasten, die Rauchbelästigung zu beseitigen und den Dienst der Heizer zu erleichtern. Das Ziel, das hier in Aussicht steht, ist wohl eines der erstrebenswertesten, das die Technik kennt.



Für den Motorenfachmann war die Entwickelung der Gasmaschine als stationäre Betriebsmaschine das nächstliegende und dabei am leichtesten durchführbare; das Gebiet des Schiffsbetriebes blieb ihm fremd, und die bloße Vorstellung einer Schiffsgasmaschine erfüllte ihn mit Bedenken aller Art. Indem ich nun den bestehenden Schwierigkeiten nachging, ihre Ursachen darlegte und die erste praktische Ausführung einer Schiffs-Gasmaschine sowie einen Weg für die Lösung der noch harrenden Aufgaben zeigte, hoffe ich, das Interesse nicht nur der Motorenfachleute, sondern auch der übrigen beteiligten Kreise für den Gegenstand erweckt und dazu beigetragen zu haben, den Sieg der rationelleren Gasmaschine über die Schiffs-Dampfmaschine zu beschleunigen.

Diskussion.

Herr Kapitän zur See Wallmann-Kiel:

Es liegt mir fern, auf die technische Durchführbarkeit jener uns am Schluß des Vortrages vorgeführten Maschinen einzugehen. Ich bin nicht Techniker, und die Bedenken, die mir als Laien aufstoßen, kann ich nicht begründen. Infolgedessen lasse ich davon meine Finger. Ich würde es aber im Grunde meiner Seele bedauern, wenn die Sauggasfrage, die mir für Bordzwecke schon jetzt eine gleiche Wichtigkeit zu besitzen scheint, wie sie an Land bereits hat, durch die Einführung einer derartigen, doch zweifellsohne neuen Maschine auf Schwierigkeiten stoßen sollte.

Ich glaube nicht fehl zu gehen mit der Annahme, daß die Einführung dieser Art der Kraftausnutzung der Kohle schon an sich auf großen Widerstand stoßen wird, nicht nur seitens der Kesselfabrikanten, sondern auch seitens der Betriebsleiter, denen der Gedanke, explosives Gas an Bord zur Krafterzeugung zu verwenden, höchst unsympathisch erscheinen muß. Wenn nun hierneben noch eine ganz neue, mindestens doch in ihrer Wirkungsweise eigenartige, noch nicht erprobte Maschine hinzutritt, dann fürchte ich, wird der Widerstand ob mit Recht oder Unrecht möge dahingestellt bleiben, zu groß sein, um ein gedeihliches Arbeiten zur Durchführung zu bringen.

Ich neige der Ansicht zu, daß der Sauggasfrage weit mehr gedient ist, wenn vorerst mit erprobten, an Land bereits bewährten Einrichtungen vorgegangen wird. Der meiner Idee zugrunde liegende Gedanke ist der, daß die in einer Sauggasanlage geleistete Arbeit umgesetzt wird in elektrische Energie, und daß diese vorerst in all den Formen zur Anwendung gelangt, nur in ausgedehntem Maße, wie wir sie bereits an Bord haben bezw. schon gehabt haben, d. h. zum Antriebe der Hilfsmaschinen, z. B. bei Ventilatoren, Hebe- und Drehwerken, Spillen und Rudermaschinen, wie auch Pumpen, sodaß z. B. der ganze Hafenbetrieb eines Schiffes ohne Zuhilfenahme von Kesselkraft, d. h. Dampfmaschine erfolgt. Der Vorteil, der hierin liegt, ist nicht zu unterschätzen, denn neben der als erwiesen anzunehmenden Kohlenersparnis tritt gänzliches Fehlen des lästigen Rauches und wesentliche Schonung des im Seebetriebe überanstrengten Heizerpersonals, sowie Schonung der Kesselanlage.

Aus diesen Erwägungen heraus habe ich in der Schiffs-Prüfungs-Kommission einen Vortrag ausarbeiten lassen, welcher im Laufe dieses Winters in der Marine-Akademie zu Kiel gehalten werden soll, welcher als Thema hat: „Wärme- und Explosionsmotoren“ und der unter vielen anderen die Sauggasanlage an Bord S. M. Schiffe behandelt.

Der vortragende Herr kommt in seinen Schlußbetrachtungen über diese Anlagen zu Folgendem:

1. „Eine Generatorgasanlage beansprucht bei gleicher Leistung nicht mehr Platz wie eine Dampfkesselanlage.“

2. „Die Generatorgasanlage ist bei gleicher Leistung leichter.“

3. „Generatorgasmotoren lassen sich für kleinere Leistungen (50 bezw. 100 i. PS. zum Antriebe von Dynamos) mindestens von gleichem Gewicht herstellen wie Dampfmaschinen.“

4. „Mit der gleichen Bunkerfüllung (Anthrazit) kann man einen Hafenbetrieb von mindestens doppelter Zeitdauer aufrecht erhalten, als mit einer gleich großen und gleich schweren Bunkerfüllung Kohle.“

5. „Da an Bord stets noch Dampf gebraucht wird für die Dampfheizung, Kombüsen und Bordzwecke, so wären zunächst noch Versuche nach der Richtung hin anzustellen, die heißen Abgase von Motoren, die ca. 300° und höhere Temperatur haben, durch Rohrsysteme nach Art der Speisewassererzeuger zu leiten, um da den für Heizung usw. nötigen Dampf zu erzeugen.“

Wenn ich nun zum Schluß mir erlaube, einen Blick in die Zukunft zu tun und etwas Phantasie verwende, so sei mir das verziehen. Ich könnte mir ein Kriegsschiff vorstellen, das keine Schornsteine hat, das keinen Rauch entwickelt und infolgedessen weniger sichtbar und weniger leicht verletzbar ist, als wir das in diesem Kriege bei dem armen „Cesarewitsch“ gesehen haben, dem seine Lungen, wenn ich sie so nennen darf, die Schornsteine, zerschossen sind, und der wegen des kolossalen Kohlenverbrauchs gezwungen war, bei fast vollständiger Gefechtsfähigkeit sich dem Feinde preiszugeben bezw. in einen neutralen Hafen zurückzugehen.

Herr Ingenieur Stein-Deutz:

Wenn ich mich entschlossen habe, dem interessanten Vortrage des Herrn Vorredners entgegenzutreten, so veranlaßt mich hierzu hauptsächlich eine geschichtliche Richtigstellung. Die ersten Versuche, die Gasmaschine auf den Schiffsbetrieb anzuwenden, dürften ungefähr 20 Jahre zurückliegen, zu welcher Zeit ich persönlich die Ehre hatte, mit dem Erfinder der Viertaktmaschine, Herrn Dr. N. A. Otto, die ersten Versuche mit einer speziell für diesen Zweck gebauten Maschine auf dem Rheine anzustellen. Um den Schwerpunkt dieser Maschine möglichst tief zu legen, versuchte die Gasmotoren-Fabrik Deutz, das Schwungrad als schwersten Teil in horizontaler Ebene möglichst am tiefsten Punkte des Bootes rotieren zu lassen; die Kurbelachse stand vertikal, die Kraftübertragung erfolgte mittels konischer Räder und Reibungskuppelung. Leider zeigte sich bei dem Versuche, daß durch den oben liegenden horizontalen Zylinder seitliche Schwankungen im Boot hervorgerufen wurden, welche die weitere Verwendung dieser Konstruktion ausschlossen. Diese ersten Erfahrungen auf dem Wasser, welche uns öfter in unliebsame Berührung mit diesem Element brachten, zeigten mir, daß eine Maschine, die für den stationären Betrieb als vollständig durchprobiert und sicher angesehen werden kann, für den Betrieb auf dem Wasser noch lange nicht vollkommen ist. Von diesen Erfahrungen ausgehend, hat die Gasmotoren-Fabrik Deutz alsdann in den letzten 20 Jahren sich bemüht, für die verschiedenen Bedürfnisse der Schiffahrt Motorkonstruktionen auszubilden, die sich im Laufe der Jahre bestens bewährt haben.



Wenn ich es nunmehr unternehme, an die soeben von dem Herrn Vorredner beschriebene Zukunftsmaschine den in meiner langjährigen Tätigkeit auf diesem Gebiete gewonnenen Maßstab der Kritik anzulegen, so geschieht dies nicht, um derselben die Einführung in den Schiffsbetrieb zu erschweren, nur möchte ich den Grundsatz hochhalten, daß die beste Maschine für stationären Betrieb für die Marine eben gut genug ist, und daß man nur mit jahrelang durchprobierten Konstruktionen auf das Wasser gehen sollte, wenn man nicht der Einführung der Gasmaschine auf Schiffen mehr schaden als nützen will. Insbesondere ist es die absolute Betriebssicherheit der Anlage, die man auf Schiffen verlangen muß. Diese Bedingung scheint mir bei der neuen Konstruktion nicht genügend erfüllt zu sein. Das Prinzip der freifliegenden Kolben, welches zuerst durch Dr. N. A. Otto bei der Deutzer Atmosphärischen Maschine zur Anwendung kam, ist allerdings, was die thermische Auswertung des Brennstoffes anbelangt, heute noch kaum erreicht. Dagegen machten schon früher die Übertragungsmechanismen der hin- und hergehenden Bewegung auf die rotierende bedeutende Schwierigkeiten. Diese Mechanismen sind es auch an der Capitaineschen Maschine, welche mir nicht den Eindruck der genügenden Betriebssicherheit machen können. So genial auch das Schaltwerk und die Bremsvorrichtung gegen das Hubende gedacht sind, so muß einem doch die Frage Sorge machen: Was tritt ein, wenn eine dieser Kuppelungen versagt? Es dürften hierbei Kräfte auftreten, die der Maschine im höchsten Grade gefährlich werden können.

Die auf en Tafeln vorgezeigten Generatoren erwecken ebenfalls nicht den Eindruck der Betriebssicherheit. Die Zuführung des Brennstoffes von unten erschwert die Entfernung der Schlacken während des Betriebes. Die Röhrenverdampfer, welche offenbar der Raumersparnis wegen angewandt sind, scheinen mir zu sehr ähnlichen Apparaten beim Dampfbetriebe nachgebildet zu sein, wobei jedoch vergessen wurde, daß wir es nicht mit reinem Wasserdampf, sondern mit einer Mischung von Dampf und schwefliger Säure enthaltenden Gasen zu tun haben, welche derartige Röhren aus Schmiedeeisen oder Metall angreift. Die Gasmotoren-Fabrik Deutz ist deshalb schon lange von solchen Röhrenverdampfern zurückgekommen und benutzt neuerdings ausschließlich Verdampferschalen, oder aber Röhrensysteme aus Gußeisen. Erstere haben den Vorteil, daß sie außerordentlich leicht zugänglich sind und jederzeit leicht von Salz oder Kesselstein befreit werden können.

Wenn ich alle diese Erfahrungen zusammenfasse, so glaube ich, daß man der Entwickelung dieser Frage mehr schadet als nutzt, wenn man sich das Ziel zu weit steckt, indem man heute schon mit großen Gasmaschinen auf die hohe See gehen will. Hierzu liegt umso weniger Veranlassung vor, als der Gasmaschine ein Gebiet von außerordentlicher, volkswirtschaftlicher Bedeutung, nämlich die Kanal- und Binnenschiffahrt offen steht. Wir stehen ja augenblicklich im Zeitalter der Kanal- und Schiffahrtsfragen, und gerade auf diesem Gebiete kann die Gasmaschine das leisten, was von ihr verlangt wird: ein außerordentlich billiger Betrieb und eine für diesen Zweck vollkommen genügende Betriebssicherheit.

Die Gasmotoren-Fabrik Deutz hat schon seit vielen Jahren ca. 300 Motoren für Last- und Personenboote mit nahezu 4000 PS. geliefert, von denen die meisten noch mit Petroleum bezw. anderen flüssigen Brennstoffen betrieben werden. In den letzten Jahren machte sich ein starkes Bedürfnis nach Verbilligung der Brennstoffkosten geltend, welches nur mit der Generator-Gasmaschine befriedigt werden konnte. Vor ungefähr $2^1/_2$ Jahren schon baute die Gasmotoren-Fabrik Deutz eine 16 PS. Generator-Gasmaschine in ein Kanalschiff der Firma Gebr. Haldy in Saarbrücken ein, welches bis heute schon ungefähr 14—15 000 km mit gutem Erfolge zurückgelegt hat. Dieses Fahrzeug war seinerzeit auf dem Schiffahrts-Kongress in Düsseldorf ausgestellt und dürfte manchem von Ihnen noch in Erinnerung sein. In der Zwischenzeit ist eine ganze Anzahl solcher Kanalschiffe mit gleich gutem Erfolge gebaut worden, und wird bei denselben besonders die Einfachheit der Bedienung und die außer-

ordentliche Billigkeit des Betriebes anerkannt. Bei den meisten dieser Boote verwendet die Gasmotoren-Fabrik Deutz umsteuerbare Schrauben, welche durch eine dieser Firma patentierte Anordnung heb- und senkbar eingerichtet sind, wodurch es ermöglicht wird, bei dem so sehr verschiedenen Tiefgange dieser Schiffe die Schraube stets in günstigem Wasser arbeiten zu lassen.

In dieser Hinsicht gehe ich also ganz mit dem geehrten Herrn Vorredner von der Marine einig, daß die Gasmaschine ihren Entwickelungsgang mehr in der Binnenschiffahrt durchmachen muß, ehe sie sich in großen Ausführungen auf die hohe See wagen darf. Es wird ihr alsdann auch der Erfolg nicht fehlen.

Herr Direktor Blümcke-Mannheim:

Das erste dieser Kanalboote, von dem eben die Rede war, habe ich gebaut und unlängst dem Schiffsführer, der seit dieser Zeit an Bord ist, einmal etwas in sein Journal gesehen, um einen handgreiflichen Beweis zu haben für den wirklichen Aufwand an Anthrazitkohle, den diese Maschine braucht, die, wie Sie eben gehört haben, von der Deutzer Maschinenfabrik geliefert wurde. Da hat sich herausgestellt, daß auf einer Reise von Saarbrücken bis Mühlhausen der stündliche Verbrauch sich stellte auf 0,52 kg. Wenn man daher sagt, daß der Kohlenverbrauch an sich ein viel geringerer ist bei der Gaskraftmaschine, so ist das ohne Weiteres wahr. Aber wirtschaftlich ist das Exempel nicht so günstig, denn tatsächlich handelt es sich hier um Anthrazitkohle, und diese wird mit erheblich höherem Preise als die gewöhnliche Kohle bezahlt, die wir sonst gebrauchen. Es steht da ungefähr das Exempel so bei einer 50pferdigen Maschine, daß man mit unseren heutigen Dampfmaschinen für diese Größe gut auskommen wird mit 1,1 kg, sagen wir 1,2 kg, dann haben wir 60 kg in der Stunde verbraucht, à 18 M. die Tonne. Dabei würden wir der Gaskraftmaschine viel unterlegen sein, die freilich weniger Kohle braucht, aber mit 32 M. pro Tonne zu rechnen hat, sodaß tatsächlich daraus eine große wirtschaftliche Ersparung nicht hervorgeht. Ich finde sie aber bei der Anwendung auf die Kanalschiffe darin, daß man einen Maschinisten spart, und da hat sich die Maschine in der Tat hervorragend bewährt.

Als wir die erste Maschine dieser Art im Betrieb hatten, erschien im Génie civil ein langer Aufsatz, der zunächst einmal das Boot beschrieb mit der Maschine, und es wurde dort als hervorragende Verbesserung der Kanalschiffahrt erkannt. Ob die Gasmaschine auch auf Strömen, auf dem Rhein zum Beispiel, eine sehr große Verwendung finden wird, das ist mit großer Vorsicht aufzunehmen, denn diese Maschine wird nicht in der Lage sein, gegen größere Stromgeschwindigkeiten dieselbe Leistung zu tun wie die Dampfmaschine. Sie hat unzweifelhaft große Übelstände, indem sie nicht umsteuerbar und daher nicht stets bereit ist, wie es von der Schiffsmaschine verlangt wird und durchaus notwendig ist, denn gerade auf dem Strome komplizieren sich die Fälle, und sie häufen sich dort, in welchen ein schnelles Ausweichen, ein schnelles Stoppen, ein schnelles Rückwärtsgehen erforderlich ist, viel mehr als auf der See. Wir haben auf dem Rhein Strömungsverhältnisse, die unglaubliche Anforderungen an die moderne Schiffsmaschine stellen. Es liegen mir Diagramme vor aus Schleppversuchen, bei denen die Forderung der Kraftleistung von eins zu drei sich steigerte im Laufe einer Strecke von 1—10 km. M. H., das spricht unzweifelhaft dagegen, daß man den Gasmotor ohne Weiteres für diese Zwecke benutzen kann. In der Tat ist auch das jetzt im Bau befindliche Kanalschiff wiederum mit einem Deutzer Motor versehen, aber lediglich für die Zwecke der Kanalschiffahrt und für die Talfahrt, bei welcher der Motor wohl ausreichen wird, um eine genügende Steuerfähigkeit zu erzielen.

Für die Fahrt zu Berg erscheint dies vollkommen ausgeschlossen, und daher ist auch die Verwendbarkeit der Sauggasanlage für die Schiffszwecke nur dort angebracht, wo besonders bequeme Stromverhältnisse sie ermöglichen, vor allen Dingen also dort, wo keine



großen Strömungen zu überwinden sind. Ist eine solche Schiffahrt vorhanden, die sich allgemein in langsamerem Tempo vollzieht, dann haben unzweifelhaft diese Motoren die beste Aussicht.

Wie weit sie für die Seeschiffahrt in Frage kommen, meine Herren, das halte ich im Gegensatz zu dem Herrn Capitaine nicht für eine Frage der nächsten Zeit, sondern für eine Frage einer sehr fernen Zeit, mit Rücksicht gerade auf die Vorsicht, die — das sei mir als altem Seeschiffbauer gestattet zu sagen — bisher doch bei uns dahin geführt hat, daß im Laufe einer, ich möchte sagen 100jährigen Entwickelung der Dampfmaschine unglaublich viel Erfahrungen gesammelt werden mußten, um dasjenige Maß von Betriebssicherheit zu gewährleisten, welches wir Gott sei Dank heute haben. Diese Entwickelung wirft man nicht zugunsten einer neuen Erfindung fort, um einige Kohlen zu sparen. Das geschieht unzweifelhaft erst, wenn auch wieder eine längere Entwickelung die Zuverlässigkeit dessen gezeigt hat, was wir heute dort sehen. (Beifall.)

Herr Ingenieur Stein-Deutz:

Was die Umsteuerbarkeit der Gasmaschine anlangt, welche Herr Direktor Blümcke als ein der Anwendung der Gasmaschine im Schiffsbetriebe entgegenstehendes Hindernis bezeichnete, so möchte ich bemerken, daß über diese Frage das letzte Wort noch nicht gesprochen ist. Es besteht heute noch keine im praktischen Betriebe genügend ausprobierte Umsteuervorrichtung, welche die genügende Sicherheit für den Schiffsbetrieb besitzt. Bei den bis jetzt zur Anwendung gekommenen Maschinengrößen bis etwa 130 PS. fand diese Frage jedoch eine befriedigende Lösung durch Anwendung der umsteuerbaren Schraube. Die Gasmotoren-Fabrik Deutz hat seit ca. 18 Jahren eine solche Schraube konstruktiv so durchgebildet, daß sie in allen Anwendungsfällen die besten Erfolge erzielte. Die Reparaturen sind minimal, während die Sicherheit des Funktionierens noch nie zu Reklamationen Veranlassung gegeben hat.

Was die Manövrierfähigkeit anbelangt, so haben häufige Versuche ergeben, daß die umsteuerbare Schraube der umsteuerbaren Dampfmaschine voll gewachsen ist. Es ist dies auch technisch leicht erklärlich. Bei der Gasmaschine steht beim Umsteuern die im Schwungrade aufgespeicherte lebendige Kraft zur Verfügung, um in dem umgesteuerten auf geringe Steigung gestellten Flügel außerordentlich wirkungsvoll zur Geltung zu kommen. Bei der Dampfmaschine und der mit festen Flügeln versehenen Schraube kommt auf das Kommando „Volldampf rückwärts" letztere erst zum Stillstand, um alsdann mit großer Steigung bei dem sich noch vorwärts bewegenden Schiffskörper außerordentlich ungünstig auf das Wasser zu wirken. Es dauert infolgedessen geraume Zeit, bis die Schraube richtiges Wasser faßt. Ein weiterer großer Vorteil der umsteuerbaren Schraube ist der, daß der Steuermann ganz bequem neben der Lenkung des Schiffes am Steuerrade auch noch die Geschwindigkeit und die Bewegungsrichtung durch die Umsteuerungsvorrichtung der Schraube in der Hand hat. Es können demnach Manöver viel rascherer und sicherer ausgeführt werden, als wenn dieselben durch Kommando oder Signalapparate erst dem Maschinisten mitgeteilt werden müssen.

Was den von Herrn Direktor Blümcke angegebenen Vergleich des Kohlenverbrauches betrifft, so möchte ich die angeführten Zahlen doch etwas korrigieren. Zahlreiche Versuche haben gezeigt, daß wir bei der Generator-Gasmaschine mittlerer Größe mit 0,4 kg Anthrazit für die eff. PS.-Stunde vollständig auskommen. Der Preisunterschied zwischen Anthrazit und Steinkohle ist ebenfalls nicht so groß, wie Herr Blümcke ihn angibt. Man bekommt zu einem Durchschnittspreis von 22.— M. pro 100 kg einen recht guten Anthrazit, und wo solcher hierfür nicht zu haben ist, kann jedenfalls zum gleichen Preise Koks leicht beschafft werden. Dadurch gestaltet sich das Verhältnis mehr zugunsten der Sauggasanlage. Tatsache ist



jedenfalls, daß die überaus rasche Einführung der Sauggasanlagen in den letzten 2 Jahren keinen Zweifel an der großen Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen mehr zuläßt.

Herr P. G. Roer-Emden:

Ich habe die Darlegungen des Herrn Ingenieur Capitaine dahin verstanden, daß er die Maschine für den Seebetrieb noch als Problem auffaßt, dagegen die Frage für Kanal- und Flußschiffahrt als gelöst betrachtet.

Es wurden eben Bedenken laut gegen die schwefelhaltige Kohle. Ich möchte da die Aufmerksamkeit der Herren speziell auf ein Produkt lenken, das noch in unseren Hochmooren liegt: der Torf. Der Torf läßt sich in Retorten oder Oefen als Kohle darstellen, und diese so erzeugte Kohle ist schwefelfrei und besitzt Eigenschaften, die unser Anthrazit hat. Nun wird mir entgegengehalten werden müssen, daß die Darstellung der Torfkohle heute noch zu teuer werden wird. Das ist richtig; man arbeitet in der Darstellung der Torfkohle nicht rationell. Wir müssen die Torfkohle so darzustellen suchen, daß wir sie herstellen, wie wir heute unsern Steinkohlen-Koks darstellen, daß wir die Rentabilität in den Nebenprodukten suchen, und die Torfkohle ebenso wie den Steinkohlen-Koks so billig abgeben können, wie nur möglich. Dann haben wir ein ideales Produkt für die Generatoren der Gasmaschinen.

Herr Emil Capitaine-Frankfurt a. M. (Schlußwort):

Die Herren Vorredner sind der Meinung, daß die Zeit noch nicht gekommen sei, wo die Gasmaschine für die Fortbewegung von Seeschiffen verwendet werden könnte. Vor mir hatte man bereits die stationäre Gasmaschine mit Sauggas-Generator in großen Kähnen und Frachtschiffen auf Flüssen und Kanälen angewendet, und zwar in der Weise, daß man diese stationäre Maschine in einen genügend großen Raum setzte, und die Schraube unter Anwendung von Riemen und Riemenscheiben sowie konischen Zahnrädern vom Motor aus antrieb, genau so wie man eine Bohrmaschine oder Häkselmaschine anzutreiben pflegt. Eine solche Anordnung war natürlich nicht schwierig und ohne weiteres durchführbar. Indem ich nun eine eigentliche Schiffs-Gasmaschine herzustellen versuchte, gewahrte ich, daß ich mit einer solchen bei den deutschen Schiffbauern nur wenig Entgegenkommen finden würde. Da waren es nun die englischen Firmen John J. Thornycroft & Co. Ltd., London, und William Beardmore & Co. Ltd., Glasgow, welche die Bedeutung der Sache erkannten, in eine Prüfung derselben eintraten und feststellten, daß meine Schiffsgasmaschine eine völlig hinreichende Betriebssicherheit zeigte, und wie die Versuche mit dem Gasschlepper im Hamburger Hafen ergaben, auch allen Anforderungen entspricht, die man sonst an eine Dampfmaschine stellt. Es ist meiner Meinung nach bedauerlich, daß gerade in Deutschland meine Bestrebungen so wenig fruchtbaren Boden finden, und ich das Ausland gewinnen mußte um größere Schiffsmasmaschinen für bewegtes Wasser auszuführen.

Was die Betriebskosten angeht, so ist es richtig, daß man bei kleineren Ausführungen Anthrazit anzuwenden hat, und daß der Anthrazit erheblich teurer ist, als die gewöhnliche Kesselkohle. Dessenungeachtet verbleibt immer noch ein erheblicher, wirtschaftlicher Gewinn bei der Anwendung der mit Anthrazit betriebenen Gasmaschine gegenüber den weniger großen Dampfmaschinen. Bei größeren Maschinen — über 300 PS — kann man gewöhnliche Kesselkohle anwenden. Wie ich in meinem Vortrage erwähnt habe, ist man in der Gaserzeugung in England erheblich weiter vorgeschritten wie in Deutschland, und es gibt dort viele Werke, welche mehrtausendpferdige Gasmaschinen mit Generatorgas unter Anwendung von Kesselkohle betreiben.

Die Bemerkungen, welche Herr Direktor Stein über den von mir in Fig. 12 gezeichneten Verdampfer machte, nämlich, das die Rohre bei jener Anordnung von den säurehaltigen Gasen sehr bald zerstört würden, sind nicht ganz unzutreffend. Der dort skizzierte Verdampfer sollte indessen nur das Prinzip des Generators im allgemeinen veranschaulichen.



stellt also nicht die eigentliche Ausführung dar. Die schalenförmigen Verdampfer, welchen Herr Direktor Stein das Wort redete, sind eben nur anwendbar auf Schiffen, die auf völlig unbewegtem Wasser verkehren, also bei Kanalschiffen und dergleichen, und auf welchen der Betrieb der Gasmaschine sich genau so verhält wie auf dem Lande. Bei einem Schlepper oder einem Personenfahrzeuge, wie ich solche zuerst ausführte und hier vorgeführt habe, ist es gänzlich ausgeschlossen, schalenförmige Verdampfer zu benutzen. Man hat genügend Mittel, und ich habe solche auch gefunden, um dem Übelstande, den Herr Direktor Stein hier geltend machte, abzuhelfen.

Was schließlich die neue Maschine für größere Kräfte betrifft, so scheint es mir, daß Herr Stein diese Maschine noch als eine problematische Sache betrachtet. Ich habe nun eine solche Maschine ausgeführt, und kann auch ein Lichtbild davon vorführen. (Geschieht). Es handelt sich hier nicht um eine unreife Idee, sondern um eine ausgeführte Maschine, allerdings nur in der Stärke von 20 PS, welche alle meine Voraussetzungen als völlig zutreffend erscheinen läßt. Die Maschine arbeitet völlig stoßfrei, gleich der besten Dampfmaschine; sie ermöglicht die Anwendung der höchsten Kompression und arbeitet aus diesem Grunde erheblich rationeller wie irgend eine andere Gasmaschine. Ich habe in meinem Vortrage den zu erwartenden Wärmeverbrauch der neuen Maschine mit 1750 Kalorien per Stunde und PS angegeben. Ich bin aber überzeugt, daß derselbe sich auf 1400 Kalorien herabmindern läßt. In diesem Falle würde natürlich der Kohlenverbrauch der neuen Maschine gegenüber der besten Schiffsdampfmaschine kaum $1/3$ desjenigen der letzteren betragen. (Beifall).

Der Vorsitzende, Herr Geheimrat Busley-Berlin:

Ich danke Herrn Ingenieur Capitaine für seinen interessanten Vortrag, insbesondere für die Vorführung der höchst instruktiven Zeichnungen, mit deren Hilfe er uns die Vorgänge in der Gasmaschine deutlich gemacht hat.



XV. Der gegenwärtige Stand der Scheinwerfertechnik.

Vorgetragen von ***O. Krell****-Berlin.*

Allenthalben tritt schon seit geraumer Zeit das Bestreben mehr und mehr zu Tage, die Beleuchtungsmittel, welche zur Fernbeleuchtung dienen, immer mächtiger und durchdringender zu gestalten. Dieses Bedürfnis, die Leistungsfähigkeit der Scheinwerfer zu erhöhen, ist nun allerdings so alt wie die Scheinwerfer selbst, der Umstand aber, daß es sich zur Zeit gebieterischer als bisher geltend zu machen scheint, berechtigt zu der Frage: Was leisten die Scheinwerfer gegenwärtig und in welcher Richtung haben sich die Bestrebungen zur Erhöhung ihrer Leistungsfähigkeit zu bewegen.

Zur Beurteilung dieser Frage dürfte ein kurzer Überblick über die geschichtliche Entwickelung der Scheinwerfer zweckmäßig sein, weshalb ich versuchen will, hier einen solchen Überblick so gedrängt wie möglich zu geben.

Die Versuche, das elektrische Licht zur Fernbeleuchtung im Dienste des Krieges zu benutzen, reichen bis in die 50er Jahre zurück. Sie brachten aber wegen der Schwierigkeit der Erzeugung der Elektrizität kein praktisch brauchbares Ergebnis. Erst durch die Entdeckung der dynamoelektrischen Maschine wurde die Weiterverfolgung der Vorfeldbeleuchtung aussichtsvoller, und wir sehen die erste reguläre Anwendung elektrischer Außenbordbeleuchtung im Jahre 1867 auf französischen Kriegsschiffen. Auch im Kriege 1870/71 wurden bei der Belagerung von Paris auf beiden Seiten Scheinwerfer angewandt. Erfolge von Bedeutung konnten aber bei den immer noch unvollkommenen Einrichtungen nicht verzeichnet werden.

Ein großer Schritt vorwärts wurde durch die Erfindung der Gleichstrommaschine durch Siemens-Gramme getan, insofern, als sich Gleichstrom, wegen der einseitigen, durch optische Mittel bequem ausnützbaren Ausstrah-



lung des Gleichstrom-Lichtbogens ganz besonders zum Betriebe von Scheinwerfern eignet.

Die optischen Mittel waren bis dahin meist Metallparabolspiegel, die von der Leuchtfeuertechnik her bekannt waren.

Trotz der Anwendung einer ganz besonderen Metallegierung für diese Zwecke hatten diese Spiegel den Nachteil geringen Reflexionsvermögens und schwieriger Instandhaltung. Diese Übelstände waren zu umgehen, wenn man als Material für die Spiegel das in hohem Grade politurfähige Glas verwendete, welches mit Silber belegt eine vorzügliche Rückstrahlungsfähigkeit besitzt und außerdem einen ausgezeichneten Schutz für die spiegelnde Silberfläche abgibt. Die Herstellung von Parabolspiegeln aus Glas erschien allerdings unausführbar, die leichter zu schleifenden Kugelspiegel befriedigten nicht, weil sie nur mit großen Brennweiten und geringen Nutzwinkeln die Bedingung einigermaßen erfüllten, die Strahlen einer Lichtquelle möglichst parallel in einer Richtung zurückzuwerfen, und so war man darauf angewiesen, durch andere Mittel die Aufgabe zu lösen.

Vor allem war es Fresnel, welcher für Leuchttürme einen besonderen optischen Apparat konstruierte, mit dem er außerordentliche Erfolge erzielte, sodaß sein System bis auf den heutigen Tag noch mit Vorteil für Leuchtfeuer Anwendung findet. Bei der Gleichheit des optischen Zweckes konnten aber die Fresnelschen Apparate ohne Weiteres auch für Scheinwerfer benutzt werden, was auch geschah. Fresnel ging von der Tatsache aus, daß eine konvexe Glaslinse ein vorzügliches Mittel darstellt, Lichtstrahlen, die von einem Punkte ausgehen, so zu brechen, daß sie hinter der Linse nahezu alle parallel zur Achse der Linse austreten. Dies trifft aber nur zu, solange der Durchmesser der Linse verhältnismäßig klein gegenüber der Brennweite ist, wobei aber nur ein sehr geringer Teil der Lichtquelle ausgenutzt werden kann. Macht man die Linse im Verhältnis zur Brennweite größer, so wird die Abweichung der gebrochenen Lichtstrahlen von der Parallelität bedeutend, abgesehen davon, daß der bei großen Linsen dicke Glaskörper Verluste durch Absorption und Farbenzerstreuung bedingt.

In genialer Weise überwand Fresnel alle diese Schwierigkeiten, indem er seine Linsen aus einzelnen konzentrischen Ringen zusammensetzte und dadurch die Dicke des Glaskörpers beträchtlich verringerte. (Fig. 1.) Um nun die Lichtquelle noch besser auszunutzen, umgab er die Linse mit einem System totalreflektierender Prismenringe, sodaß auch die über die Linse hinausfallenden Lichtstrahlen in die Richtung des zu beleuchtenden Objektes ge-



worfen wurden. Scheinwerfer mit Fresneloptik wurden im Jahre 1885 in der chinesischen und türkischen Marine verwandt. Wie groß auch der Fortschritt war, den der Fresnelsche Apparat darstellte, für die Scheinwerfertechnik befriedigte das System nicht wegen seiner später noch zu besprechenden Eigenschaften. Für diesen Verwendungszweck war vielmehr der im Jahre 1876

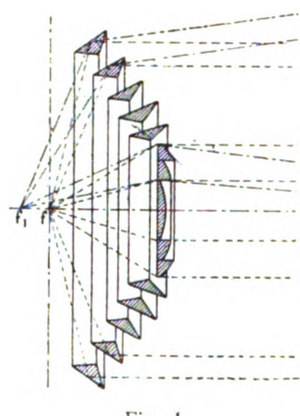


Fig. 1.

von dem französischen Genieoberst Mangin erfundene, in dem „Memorial de l'officier du genie" von ihm beschriebene und nach ihm benannte Mangin-Spiegel von bei Weitem größerer Bedeutung.

Mangin zeigte, daß ein sphärischer Hohlspiegel von der Form einer konvex-konkaven Linse von nebenstehend gezeichneter Form (Fig. 2), die

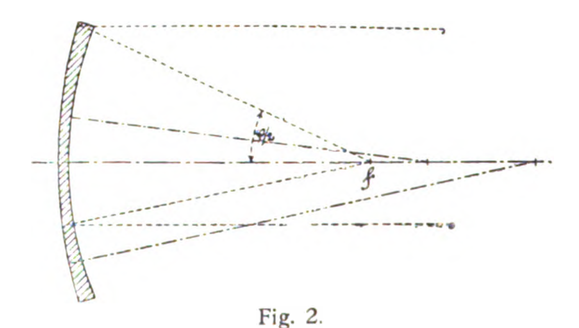


Fig. 2.

Fähigkeit besitzt, Lichtstrahlen, die von einem Punkte (dem Brennpunkt der Linse) ausgehen, so zurückzuwerfen, daß sie nahezu parallel zur optischen Achse aus dem Spiegel austreten.

Es wird also durch den nach dem Rande zu prismatischen Schliff des Spiegels die sphärische Aberration durch Brechung fast aufgehoben, trotzdem

die Begrenzungsflächen des Spiegels Kugelflächen sind. Diese Eigenschaft zeigt der Spiegel nach Angabe seines Erfinders solange, als der Durchmesser nicht größer genommen wird, als seine Brennweite. Einen solchen Spiegel stellte die Firma Sautter, Lemonier & Co. im Jahre 1876 nach den Angaben des Oberst Mangin her und bis auf den heutigen Tag ist die inzwischen in Sautter, Harlé & Co. umgeänderte Firma bei diesem System geblieben, doch hat sie sich verleiten lassen, zu kürzeren Brennweiten überzugehen, um die

Manginspiegel mit kurzer Brennweite.

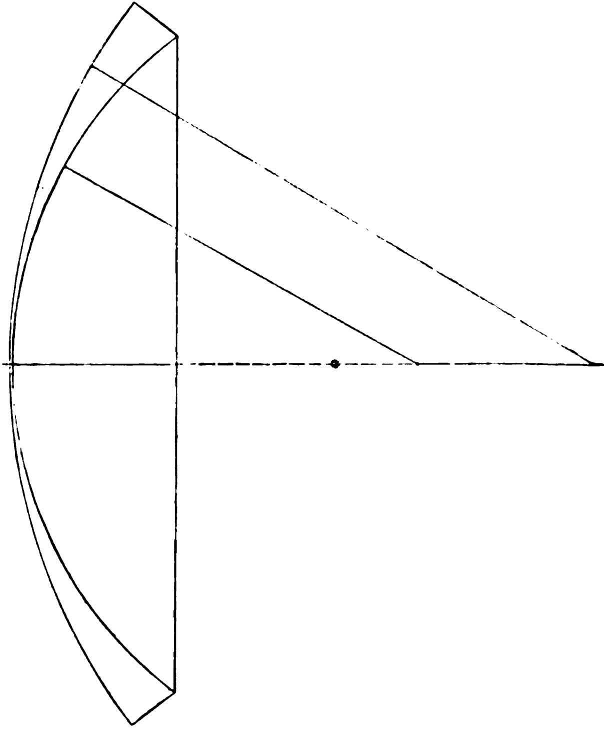


Fig. 3.

für Scheinwerfer verfügbaren Lichtquellen besser ausnutzen zu können. Hierdurch wurde eine Spiegelform bedingt, die z. B. bei einem 90 cm Spiegel in der Mitte eine Glasdicke von 3 mm, am Rande eine solche von ca. 75 mm verlangt. (Fig. 3.) Auf die Nachteile dieser Form werde ich bei der vergleichenden Zusammenstellung der optischen Mittel für Scheinwerfer zu sprechen kommen.

Bedeutete die Erfindung des Manginspiegels einen großen Schritt vorwärts in der Scheinwerfertechnik, so konnte trotzdem das Gefühl nicht aufkommen, daß mit ihm der zweckmäßige Reflektor gefunden sei, und so sehen

wir, wie Tschikolew in St. Petersburg bei der Unmöglichkeit, einen parabolischen Glasspiegel herzustellen, dazu greift, eine Annäherung an diesen dadurch zu erreichen, daß er den Spiegel aus sphärisch geschliffenen Ringen zusammensetzt, deren Krümmungsmittelpunkte im Schnittpunkte der Achse mit dem mittleren Krümmungsradius jenes Parabolstückes lagen, das sie ersetzen sollten.

Eine weitere Annäherung an den Parabolspiegel wurde von Siemens & Halske dadurch angestrebt, daß sie die Krümmungsmittelpunkte der einzelnen

Ringspiegel: 940 mm Oeffnung, 407 mm Brennweite.

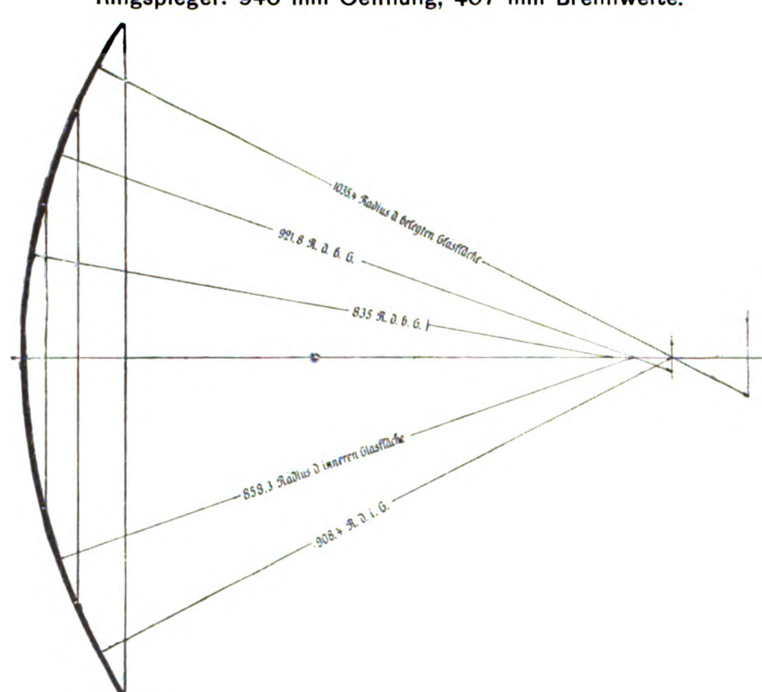


Fig. 4.

Ringe aus der Achse des Spiegels heraus und möglichst nahe an den mittleren Krümmungsmittelpunkt des betreffenden Parabolstückes verlegten.

Einen Schnitt durch einen solchen Spiegel, der als Meniskenringspiegel bezeichnet wird, zeigt Fig. 4.

Gerade 10 Jahre, nachdem der Manginspiegel gefunden worden war, gelang es im Jahre 1886 Sigmund Schuckert in Nürnberg unter Beihilfe von Professor Muncker den ersten Glasparabolspiegel herzustellen und damit war der theoretisch und praktisch beste Reflektor für Scheinwerfer gefunden, und es konnte sich weiterhin nur darum handeln, seine Herstellungsweise in den Einzelheiten zu vervollkommnen.



Der mathematisch genaue Parabolspiegel hat die Eigenschaft, alle aus seinem Brennpunkte kommenden Lichtstrahlen parallel zu seiner Achse zurückzuwerfen und ist aus diesem Grunde das beste optische Mittel, um auf einen weit entfernten Gegenstand die denkbar größte von einer Lichtquelle ausgehende Lichtmenge zu konzentrieren.

Mit der Optik des Parabolspiegels werden wir uns noch näher beschäftigen müssen, um uns ein Urteil bilden zu können, in welcher Richtung sich die Bestrebungen zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Scheinwerfer zu bewegen haben. Vorher aber seien noch kurz die verschiedenen schon erwähnten optischen Systeme für Scheinwerfer mit einander verglichen mit Rücksicht auf ihre Vorteile und Mängel.

Der Kugelspiegel

hat den Vorteil der leichten Herstellungsweise. Die zum Schleifen einer Kugelfläche erforderliche Führung des Schleifzeuges in einem Kreisbogen

Optik des Kugelspiegels.

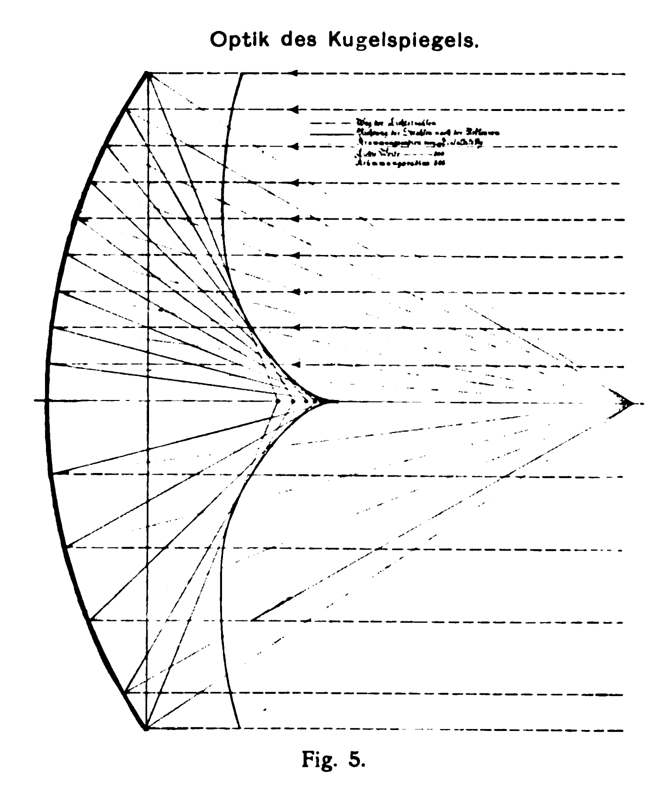


Fig. 5.

kann so präzis ausgeführt werden, daß die Genauigkeit der Kugelform kaum je etwas zu wünschen übrig lassen wird.

Optisch zeigt der Kugelspiegel den großen Nachteil der sphärischen Aberration. (Fig. 5.) Das Wesen dieser Erscheinung wird am klarsten, wenn man sich ein Bündel paralleler Strahlen parallel zur Achse des Kugelspiegels einfallend denkt. Diese Strahlen vereinigen sich nicht in einem Punkte der optischen Spiegelachse, sondern schneiden sich oder vielmehr diese in sehr verschiedenen Entfernungen vom Spiegelscheitel. Umgekehrt werden daher auch die von einer Lichtquelle in diesem Schnittpunktbereich der Strahlen ausgehenden Lichtstrahlen nur in ebenso unvollkommener Weise auf einen entfernten Gegenstand durch den Kugelspiegel geworfen werden können.

Fresnellinse.

Die sphärische Aberration ist bei der Fresnellinse mit total reflektierenden Prismenringen fast ganz zu vermeiden, dagegen ist es ungemein schwierig, die Einzelteile so genau zu schleifen, daß die Brennpunkte aller Prismenringsegmente zusammenfallen. Außerdem ist jede Fläche und Kante bei der Herstellung eine Fehlerquelle und es finden unregelmäßige Brechungen und Reflexionen der Lichtstrahlen statt, wodurch die sogenannten vagabundierenden Strahlen entstehen.

Bei Leuchtfeuern mit Fresnelapparaten treten diese irregulären Strahlen störend auf, indem sie die nächste Umgebung des Leuchtturmes in unerwünschter Weise beleuchten und den Schiffer in der scharfen Beobachtung stören.

Welch' großen Vorteil in dieser Beziehung der Glasparabolspiegel dem Fresnelsystem gegenüber bietet, zeigt das Helgoländer Leuchtfeuer, bei dem keinerlei vagabundierende Strahlen auftreten, sodaß der festgeschlossene Strahl ohne die geringste Blendung der Schiffer in der Nähe der Insel über deren Köpfe hinwegleuchtet.

Ein weiterer Mangel des Fresnelsystemes (Fig. 1) ist, daß bei einer Verschiebung der Lichtquelle nach f_1 aus dem Brennpunkt f die Ablenkung der in die Ferne gehenden Strahlen bei der Linse nach entgegengesetzter Richtung erfolgt, wie bei den Prismenringen, wodurch die Homogenität des Strahles leidet.

Manginspiegel.

Der Manginspiegel (Fig. 3) bietet gleich dem Kugelspiegel den Vorteil der leichten Herstellbarkeit infolge der kugelförmigen Begrenzung des Glaskörpers, welche außerdem noch, wie oben schon erwähnt, sehr genau hergestellt werden kann. Ungünstig ist besonders bei den neueren Spiegeln mit kurzer Brenn-



weite die sehr ungleiche Verteilung des Materials und die hierdurch hervorgerufene Gefahr des Zerspringens bei ungleichmäßigem oder plötzlichem Temperaturwechsel des Glaskörpers. Charakteristisch ist daher das Abplatzen von Kugelkappen mit kreisrundem, zur Achse konzentrischem Sprunge, wie er in den Lagerbeständen für Altmaterial in der War Office in Woolwich vielfach beobachtet werden kann.

Ein 120 cm Manginspiegel für die holländische Regierung platzte bei der ersten Abnahmeprobe sogar nach zwei konzentrischen Kreisen, bei der zweiten nach einem Kreis und hielt erst bei der dritten Abnahme aus. Das konzentrische Springen ist der beste Beweis dafür, daß die ungleichmäßige Materialverteilung die Ursache des Springens ist. Die alten Manginspiegel, bei denen die Brennweite ungefähr so groß war wie der Durchmesser und die infolgedessen nicht dieses Mißverhältnis der Glasstärke in der Mitte und am Rande zeigten (Fig. 2), hatten sicherlich unter diesem Übelstande nicht so zu leiden. Die notgedrungene Einführung der kurzen Brennweiten läßt ferner beim Manginspiegel die durch die starke Prismenwirkung am Rande hervorgerufene Farbenzerstreuung sehr unangenehm in die Erscheinung treten. Ich hatte im Mai vorigen Jahres Gelegenheit, auf Fort Dailly in der Schweiz 12-tägigen Vergleichsversuchen zwischen modernen Manginspiegeln und Schuckertschen Glasparabolspiegeln beizuwohnen und war erstaunt, welche Farbenpracht alle Gegenstände, die vom Rande des Manginscheinwerferstrahles getroffen wurden, darboten. Bedauerlicher Weise bedeutet aber diese farbenprächtige Erscheinung einen recht beträchtlichen Lichtverlust, wodurch der ästhetische Genuß an diesem Farbenspiel dem Scheinwerfer-Konstrukteur sehr getrübt wird.

Die große Glasdicke des modernen Manginspiegels am Rande hat ferner den Nachteil, daß ein dieser Dicke entsprechender Verlust an Licht durch Absorption entsteht, welcher sich bei vielgebrauchten Spiegeln noch dadurch erhöht, daß sich die meisten Glassorten unter der stark chemischen Wirkung der elektrischen Bogenlichtstrahlen durch den Gebrauch verfärben.

Ein weiterer Verlust an Licht entsteht beim Manginspiegel dadurch, daß der Krümmungsmittelpunkt der vorderen Spiegelfläche sehr nahe am Brennpunkte liegt, in dem die Lichtquelle sich befindet. Infolgedessen werden die von der Vorderfläche reflektierten Lichtstrahlen in einem Kegel von sehr großem Spitzwinkel nach außen geworfen und gehen für die Beleuchtung des entfernten Gegenstandes fast völlig verloren.

Endlich muß man sich darüber klar sein, daß der Manginspiegel besonders

in seiner modernen Form nur eine Annäherung an das Ideal eines Scheinwerfer-Reflektors bietet, indem der für dieses Ideal erforderliche, theoretische Parallelismus der reflektierten Strahlen nicht erreicht wird. Es hat dies zur Folge, daß der Strahl eines Manginspiegels niemals die scharfe Begrenzung des Randes zeigen wird, wie wir sie bei guten Parabolspiegeln zu sehen gewohnt sind.

Meniskenringspiegel.

Der Meniskenringspiegel (Fig. 4) ist wegen seiner Zusammensetzung aus verschiedenen Teilen schwierig herzustellen, obwohl auch bei ihm nur Kugelflächen bezw. aus Kreisen erzeugte Rotationsflächen zu schleifen sind. Diese Zusammensetzung bedingt Fehler und Randverluste. Die Herstellungsschwierigkeiten und seine doch nur mäßige Annäherung an den Parabolspiegel haben eine ausgedehntere Verbreitung des Meniskenringspiegels verhindert, sodaß er meines Wissens gegenwärtig von Niemandem mehr fabriziert wird. Ich möchte mich deshalb auf diese wenigen Bemerkungen über diesen Spiegel beschränken.

Glasparabolspiegel.

Es bleibt nun noch last not least der Glasparabolspiegel zu besprechen übrig.

Abgesehen davon, daß er theoretisch der richtigste Spiegel für Scheinwerfer, die auf große Entfernungen wirken sollen, ist, vermeidet er auch praktisch alle Nachteile, welche soeben bei den übrigen optischen Mitteln für Scheinwerfer festgestellt werden mußten.

Vor dem Kugelspiegel hat der Parabolspiegel das Fehlen jeder sphärischen Aberration voraus. Ebenso vor dem Fresnelsystem, das immer noch diesen Mangel, wenn auch in sehr geringem Maße, besitzt. Den vielen Flächen und Kanten, welche beim Fresnelsystem ebensoviele Fehlerquellen darstellen, steht beim Parabolspiegel ein ununterbrochener linsenförmiger Glaskörper gegenüber mit einheitlichem Brennpunkte.

Durch die an allen Stellen fast genau gleiche Glasdicke vermeidet der Glasparabolspiegel die inneren Spannungen, welche bei Temperaturwechsel dem Manginspiegel so gefährlich werden. Eine Farbenzerstreuung wie bei letzterem existiert beim Glasparabolspiegel so gut wie gar nicht wegen der fast genau parallel verlaufenden Begrenzungsflächen seines Glaskörpers. Die Absorption im Glase ist wegen der geringen Dicke desselben (ca. 7—12 mm bei den kleinen, 12—18 mm bei den großen Spiegeln) sehr gering.



Endlich kommt beim Parabolspiegel der ganze, von der Vorderfläche reflektierte Lichtstrom der Beleuchtung des entfernten Gegenstandes zugute, weil der Brennpunkt der vorderen Parabelfläche ebenfalls in die Lichtquelle fällt.

Der einzige Nachteil, den der Glasparabolspiegel besitzt, ist die Schwierigkeit seiner Herstellung. Nachdem es aber gelungen ist, diese Spiegel im Laufe der Jahre mit fast mathematischer Genauigkeit herzustellen, so ist die schwierige Herstellung höchstens noch ein Nachteil für den Scheinwerfer-Konstrukteur, nicht aber für den Käufer. Diese theoretische und praktische Überlegenheit des Glasparabolspiegels erklärt auch den Siegeszug, den diese optische Einrichtung durch alle Länder angetreten hat, so daß jetzt Frankreich, England, Amerika, Italien und Österreich bereits Glasparabolspiegel herstellen, worauf ich noch besonders zu sprechen komme.

Ein Eingehen auf die wichtigsten Punkte der Optik des Parabelspiegels ist hier nicht zu umgehen, wenn wir uns ein Urteil über die weitere Entwickelungsfähigkeit der Scheinwerfer verschaffen wollen.

Es fällt jedem Beobachter auf, daß der von einem Scheinwerfer mit Parabolspiegel ausgehende Lichtstrahl nicht parallel bezw. zylindrisch begrenzt ist, sondern, daß ein deutlich divergierender Lichtkegel zustande kommt. Diese Erscheinung ist nicht ohne weiteres einer Unvollkommenheit der Parabolspiegel zuzuschreiben, sondern dem Umstande, daß es praktisch unmöglich ist, eine gewisse Lichtmenge in einem mathematischen Punkt zu konzentrieren. Nur wenn eine punktförmige Lichtquelle im Brennpunkte der Parabel angenommen wird, entsteht ein paralleles Strahlenbündel. Glücklicherweise verhält es sich so, denn wir könnten mit einem wirklich parallelen Strahlenbündel praktisch nichts anfangen, weil wir z. B. mit einem Scheinwerfer von 90 cm Durchmesser in jeder Entfernung auch nur ein Gesichtsfeld von 90 cm Durchmesser beleuchten könnten und somit also nicht einmal in der Lage wären, einen aufrechtstehenden Mann ganz zu beleuchten. Das Absuchen des Horizontes mit einem so geringen Gesichtsfelde würde außerdem Stunden erfordern.

Wie entsteht nun aber diese Divergenz des Lichtkegels?

Denken wir uns im Brennpunkte eines mathematisch genauen Parabolspiegels (Fig. 6) eine kreisförmige Lichtquelle angebracht, wie sie ungefähr dem flachen Krater einer elektrischen Bogenlampe entspricht und verfolgen zunächst für den Scheitel des Paraboloïds die Reflexionsverhältnisse, so sehen wir, daß die vom unteren Rande der Lichtquelle kommenden Strahlen so

reflektiert werden, daß sie am oberen Rande vorbeigehen und die vom oberen Rande kommenden gegen den unteren Rand zurückgeworfen werden; in analoger Weise werden auch die vom rechten und linken Rande der Lichtquelle kommenden Strahlen reflektiert. Die von den übrigen Punkten der leuchtenden Fläche ausgehenden Strahlen werden innerhalb des von den Randstrahlen eingeschlossenen Kegels reflektiert und füllen diesen vollständig aus. Für einen Spiegelpunkt am Rande finden wir auf Grund einer ähnlichen

Optik des Parabol-Spiegels für eine Lichtquelle von räumlicher Ausdehnung.

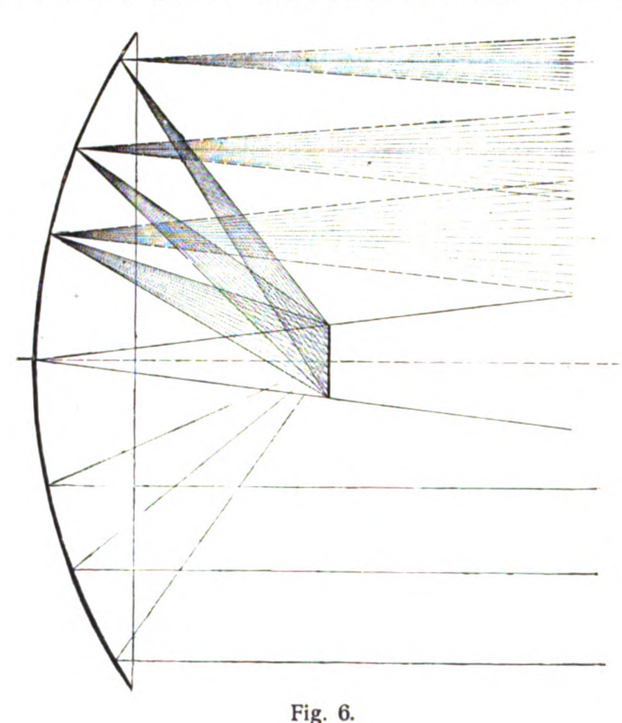


Fig. 6.

Betrachtung, daß auch von ihm aus ein Lichtkegel reflektiert wird, dessen Mittellinie parallel zur optischen Achse des Spiegels ist, dessen Spitzenwinkel aber infolge der größeren Entfernung der Lichtquelle vom Spiegelpunkte und infolge der für diesen Punkt stattfindenden verkürzten Ansicht der leuchtenden Scheibe bedeutend geringer ist als der Emissionswinkel für den Scheitelpunkt. Ganz allgemein haben wir aus dieser Betrachtung die Erkenntnis gewonnen, daß bei einem Spiegel, der eine Lichtquelle auszunützen hat, von jedem Punkte seiner Fläche aus ein Lichtstrahlenkegel ausgeht, dessen Spitzenwinkel gleich ist dem Winkel, unter welchem ein in dem Spiegelpunkte gedachtes Auge die Lichtquelle sieht. Beim Parabolspiegel sind nun die

Mittellinien der sämtlichen von dem Spiegel ausgehenden Lichtkegel parallel und die Strahlen dieser Kegel überlagern sich gegenseitig und erzeugen so in ihrer Gesamtheit den Scheinwerferstrahl.

Dabei ist von Bedeutung, daß die von den mittleren Teilen des Spiegels kommenden Strahlen die größte Divergenz oder wie man auch sagt „Streuung" besitzen, die vom Rande kommenden die geringste. Infolgedessen überschneiden sich in einer bestimmten Entfernung vom Scheinwerfer die Rand- und die Mittelstrahlen und tauschen die Rollen.

Die Größe des beleuchteten Feldes ist also nach dem Gesagten abhängig von der Größe der Lichtquelle im Verhältnis zur Brennweite des Spiegels.

Ein praktisches Beispiel dürfte hier am Platze sein:

Denken wir uns im Brennpunkt eines 90 cm Parabolspiegels von 42 cm Brennweite auf einer Kreisfläche von 20 mm Durchmesser eine Lichtmenge von 33000 NK konzentriert, so wird in 1000 m Entfernung ein Feld von 48 m Durchmesser beleuchtet. Vergrößern wir nun den leuchtenden Kreis von 20 auf 23 mm Durchmesser und proportional zur vergrößerten Leuchtfläche auch die Lichtmenge von 33000 NK auf etwa 45000 NK, sodaß also die spezifische Flächenhelligkeit der Lichtquelle dieselbe bleibt, so erhalten wir in 1000 m Entfernung ein beleuchtetes Feld von 55 m Durchmesser gegen 48 m vorher, aber von der gleichen Helligkeit, weil die größere Lichtmenge von 45000 NK auch auf eine entsprechend größere Fläche von 55 m Durchmesser verteilt wird. Die Verstärkung der Lichtquelle von 33000 NK auf 45000 NK hat also nur eine Vergrößerung des Gesichtsfeldes von 48 m Durchmesser auf 55 m Durchmesser in 1000 m Entfernung zur Folge gehabt, ohne Steigerung der Beleuchtungsintensität. Nun stellt aber die erste von mir angenommene Lichtquelle den Krater einer 120 Amp. Bogenlampe dar, die zweite den einer 150 Amp. Bogenlampe, sodaß durch dieses Beispiel die Erklärung dafür gegeben ist, daß durch Erhöhung der Stromstärke bei Scheinwerfern nichts an Intensität der Beleuchtung, wohl aber ein etwas größeres Gesichtsfeld gewonnen wird.

Allerdings gilt diese Betrachtung nur für höhere Stromstärken von etwa 60—70 Amp. aufwärts, weil von da ab das Steigen der spezifischen Kraterhelligkeit mit der Stromstärke so gering ist, daß es praktisch vernachlässigt werden kann.

Der elektrische Lichtbogen von 150 Amp. stellt übrigens zurzeit die stärkste, praktisch brauchbare Lichtquelle dar, welche die Technik bietet und



so müssen wir uns fragen, durch welche Mittel denn eine intensivere Konzentration der uns in dem 150 Amp. Bogen zur Verfügung stehenden Lichtmenge möglich gemacht werden kann? Die Antwort kann nur lauten: Durch Vergrößerung der Spiegelbrennweite, weil dadurch die Streuung verringert wird. Leider aber muß mit der Vergrößerung der Brennweite auch eine proportionale Vergrößerung des Spiegeldurchmessers Hand in Hand gehen, damit die Lichtquelle in der gleichen Weise ausgenutzt wird. Durch Vergrößerung der Brennweite erhalten wir nun statt eines beleuchteten Feldes von 55 m Durchmesser bei einem 90 cm Spiegel mit 420 mm Brennweite, bei einer Brennweite von 520 mm und 110 cm Spiegel-Durchmesser ein Feld von nur 44 m Durchmesser und bei 650 mm Brennweite und 150 cm Spiegel-Durchmesser ein beleuchtetes Feld von nur 36 m Durchmesser in 1000 m Entfernung, auf welches die gleiche Lichtmenge wie vorhin fällt. Die Beleuchtungsintensitäten stehen nun im umgekehrten Verhältnis der beleuchteten Flächen und betragen für den 90 cm Spiegel mit einer beleuchteten Fläche von 55 m Durchmesser 55 MK, für den 110 cm Spiegel und eine beleuchtete Fläche von 44 m Durchmesser 86 MK und für den 150 cm Spiegel und eine beleuchtete Fläche von nur 36 m Durchmesser 161 MK. Der 1,5 m Spiegel leistet also dreimal soviel als der 90 cm Spiegel.

Für Landbefestigungen läßt sich das Mittel der Spiegelvergrößerung zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Scheinwerfer zur Not anwenden und es wird tatsächlich immer mehr hierzu gegriffen, obwohl die Unterbringung großer Scheinwerfer in gepanzerten Ständen manche Unbequemlichkeit mit sich bringt; für Schiffe galten aber bis jetzt 90 cm Spiegel als oberste Grenze dessen, was mit Rücksicht auf die beschränkten Raumverhältnisse an Bord zugelassen werden konnte. Und doch gibt es zur Zeit kein anderes Mittel, die Scheinwerferwirkung zu erhöhen, als die Vergrößerung der Spiegel. Auch für die Zukunft gibt es außer diesem Mittel nur noch eines, das besteht in der Entdeckung einer neuen Lichtquelle, die höhere spezifische Flächenhelligkeit besitzt als die jetzigen Bogenlampen. Wesentliche Verbesserungen am Reflektor sind unmöglich, denn der Parabolspiegel ist der absolut richtigste Spiegel für Scheinwerfer. Die in seiner Herstellung erreichte Genauigkeit ist so groß, daß deren Erhöhung bis zur vollkommenen Form nur einen ganz verschwindenden Einfluß auf die Lichtwirkung ausüben würde und so kann nur die Entdeckung einer spezifisch helleren Lichtquelle einen wesentlichen Fortschritt bringen. Die Hoffnung, daß diese Entdeckung in Bälde gemacht wird, ist sehr gering, denn die im elektrischen Bogen auftretenden Temperaturen



von 3000—4000° C. sind so hoch, daß eine Erhöhung derselben und damit der spezifischen Kraterhelligkeit wenig wahrscheinlich erscheint.

Bevor ich nun einige Ausführungen von Scheinwerfern im Bilde vorführe, möchte ich noch einige Mitteilungen über die bei den verschiedenen praktischen Ausführungen von Spiegeln erreichten Genauigkeiten machen.

Zur Untersuchung der Spiegel hat Tschikolew, dessen Ringspiegel wir vorhin schon kennen gelernt haben, eine sehr anschauliche Methode angegeben. Er stellt dem zu untersuchenden Spiegel eine mit schwarzen, parallelen

Schuckertspiegel.

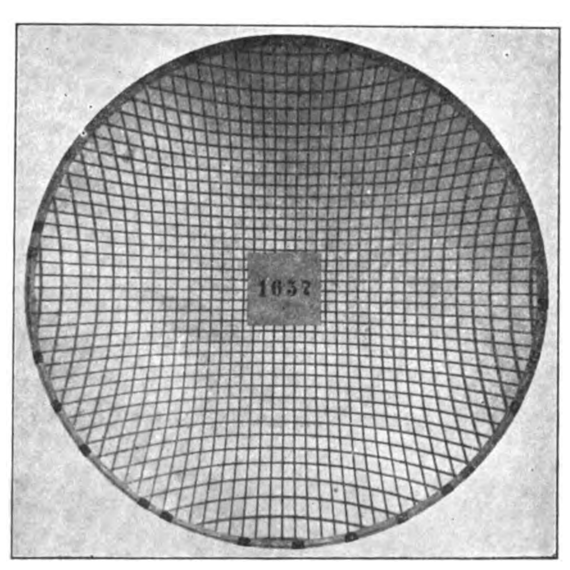


Fig. 7.

oder sich kreuzenden Linien versehene, weiße Tafel gegenüber, die in ihrer Mitte einen runden Ausschnitt hat, durch welchen man das Spiegelbild der Linientafel beobachten und auch photographieren kann.

Ich bin in der Lage, einige solcher Linienbilder hier vorzuführen und zwar zunächst (Fig. 7 und 8) zwei Parabolspiegel von Schuckert; der eine zeigt die einfachen Parallellinien, der andere die gekreuzten. Die parabelähnliche Schweifung der Linien gegen den Rand zu ist von den optischen Verhältnissen der Brennweite des Spiegels und des photographischen Apparates abhängig aber ohne Belang, weil es bei dieser Methode nur darauf ankommt, festzustellen, ob der Verlauf der gespiegelten Linien kontinuirlich ist oder nicht. Von einem kontinuirlichen Verlaufe der Linien kann auch auf

Schuckertspiegel.

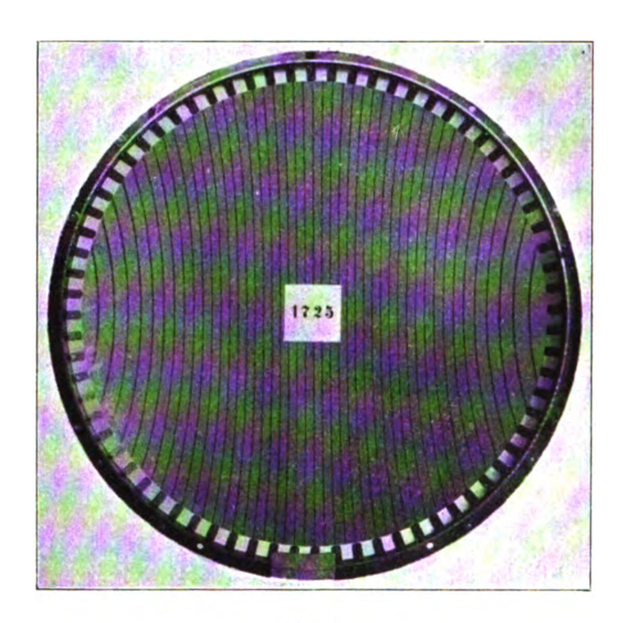


Fig. 8.

Manginspiegel von Sautter, Harlé & Co.

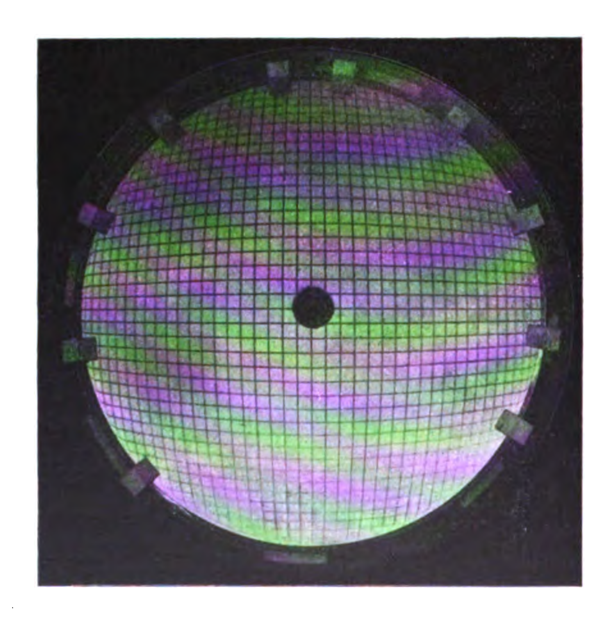


Fig. 9.

einen solchen der Spiegelfläche geschlossen werden und wir sehen, daß bei den beiden Schuckertspiegeln der Verlauf der Linien ein äußerst regelmäßiger ist. In der Mitte der Spiegel, wo sich die Öffnung der Linientafel mit dem photographischen Objektiv spiegeln würde, ist ein Blatt mit der Spiegelnummer aufgeklebt. Ein ebenfalls recht gutes Linienbild gibt der von Sautter, Harlé & Co. in Paris herrührende Manginspiegel (Fig. 9), nur sind die Linien hier in der anderen Richtung gekrümmt, was von der größeren Brennweite des Spiegels herrührt. Ein ganz anderes Bild zeigt uns ein Parabolspiegel aus

Parabolspiegel von Salmoiraghi.

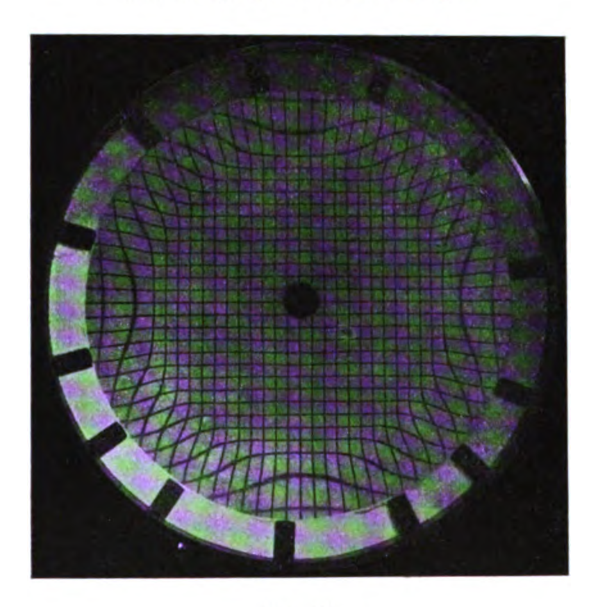


Fig. 10.

Italien von Salmoiraghi in Mailand (Fig. 10). Eigentlich verdient dieser Spiegel den Namen eines Parabolspiegels überhaupt nicht. Am unregelmäßigsten ist die Form am Rande, wo sie besonders bei Verwendung von Gleichstrom-Horizontallampen am besten sein sollte; in dem mittleren Teile ist die Form nicht schlecht, offenbar, weil dort Kugelschliff verwendet wurde.

Außer diesen geschliffenen Spiegeln werden jetzt vielfach auch gesenkte Spiegel verwendet, die in der Weise hergestellt werden, daß geschliffene und polierte runde Glasplatten auf eine parabolisch ausgedrehte gußeiserne Form gelegt und in einem Glühofen soweit erhitzt werden, bis sich die durch die Hitze erweichten Platten unter ihrem eigenen Gewicht einsenken und die Gestalt der Eisenform annehmen. Nach dem Erkalten werden sie noch nach-

poliert, damit der teilweise verloren gegangene Glanz wieder hergestellt wird. Diese billige Art der Herstellung wird jetzt von mehreren englischen Firmen benützt, der Absatz dieser Spiegel dürfte sich aber auf das Inland beschränken, wo patriotische Gesichtspunkte für die Annahme eines minderwertigen Materials die technischen Gesichtspunkte überwiegen. Das hier dargestellte Linienbild (Fig. 11) ist für solche gesenkte Spiegel charakteristisch, wenn auch der hier vorgeführte Spiegel nicht in England, sondern in Deutschland hergestellt wurde.

Gesenkter Parabolspiegel.

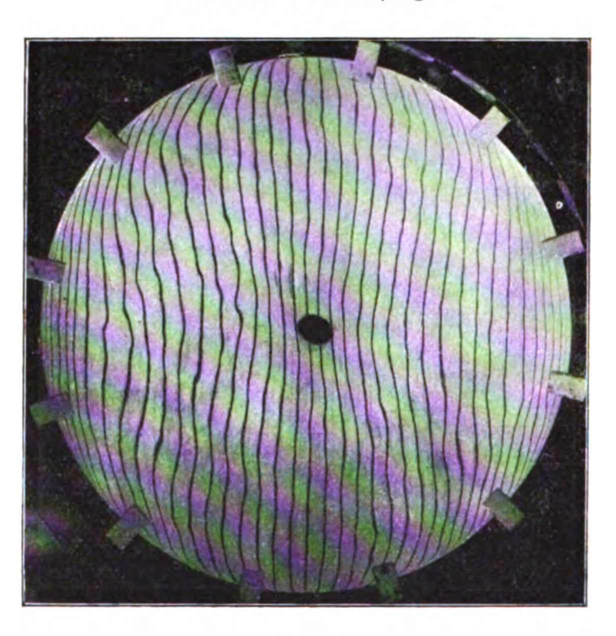


Fig. 11.

Eine der ersten Firmen, welche nach Schuckert die Anfertigung von geschliffenen Glasparabolspiegeln aufnahm, war das Haus Breguet in Paris. Ich bin in der Lage, hier das von Tschikolew in der Zeitschrift „Eclairage electrique" vom Jahre 1895 veröffentlichte Linienbild eines Breguetspiegels zu bringen. (Fig. 12.) Auf diesem Bilde sind die starken, konzentrischen Fehler, welche von einer unvollkommenen Anordnung des Schleif- oder Polierzeuges herrühren, deutlich zu erkennen. Mit dieser Vorführung erfülle ich gleichzeitig einen Akt der Gerechtigkeit, indem dieses Spiegelbild in der genannten Zeitschrift irrtümlich als von einem Schuckertspiegel herrührend bezeichnet wurde. Trotz der von Tschikolew der Firma Schuckert abgegebenen schrift-

lichen Erklärung, daß ein Irrtum vorliege, war die französische Zeitschrift nicht dazu zu bewegen, den Sachverhalt richtig zu stellen.

Recht gute Parabolspiegel fabriziert in Amerika die General Electric Co.

Die amerikanische Marine hat frühzeitig die Überlegenheit des Glasparabolspiegels erkannt und ihn daher schon seit mehreren Jahren offiziell für die Scheinwerfer der Marine vorgeschrieben. Trotz der befriedigenden Qualität des Spiegels der General Electric Co., von der man sich auf der Pariser Ausstellung 1900 überzeugen konnte, bezieht diese Firma doch alle


Parabolspiegel von Breguet.

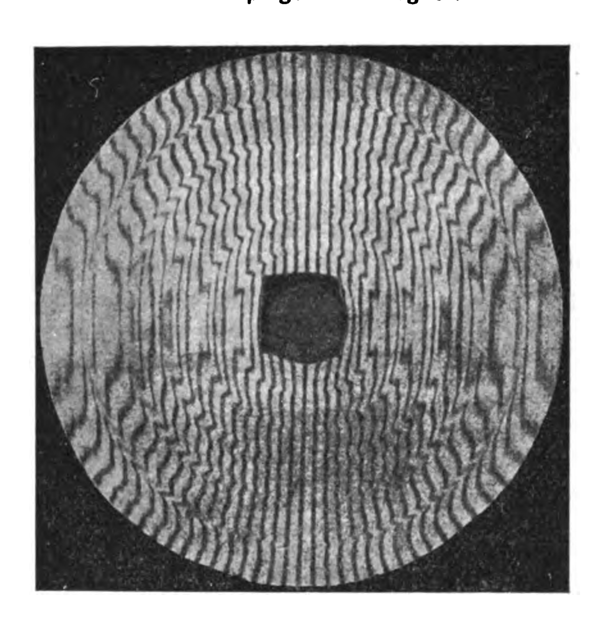


Fig. 12.

größeren Spiegel von 60 cm Durchmeser an aufwärts aus Deutschland von den Siemens-Schuckert-Werken, indem sie die Überlegenheit des deutschen Fabrikates rückhaltlos anerkennt. Vor einem Jahre erst wurden von den Siemens-Schuckert-Werken für Amerika 20 Stück 1,5 m Glasparabolspiegel nach Amerika geliefert, ungefähr 3 mal so viel, als die ganze übrige Welt bis dahin von dieser Spiegelgröße aufgestellt hatte.

Einen interessanten Spiegel kann ich hier noch im Linienbild vorführen. Es ist dies der im Jahre 1902 vom Reichs-Marine-Amt zu Vergleichsversuchen beschaffte Metallparabolspiegel der Cowper Coles Co. in London. (Fig. 13.) Die Zerbrechlichkeit der Glasspiegel bei Geschoßtreffern hat immer schon das

Interesse für Metallspiegel wach erhalten. Bis jetzt sind aber alle Versuche, einen dauerhaften Metallspiegel zu erzeugen, gescheitert.

Cowper Coles benutzt zur Herstellung seiner Spiegel eine konvex-parabolisch geschliffene Glasmatritze, auf die er zunächst einen Silberbelag niederschlägt. Diesen verstärkt er auf galvanischem Wege bis zur Dicke von 2—3 mm und sprengt dann diesen Metallbezug durch Erwärmung vom Glase ab. Der Silberbelag, welcher von der Glasfläche Hochglanz erhalten hat, wird dann noch mit einer Schicht Palladium überzogen, um ihn widerstands-

Metallparabolspiegel von Cowper Coles.

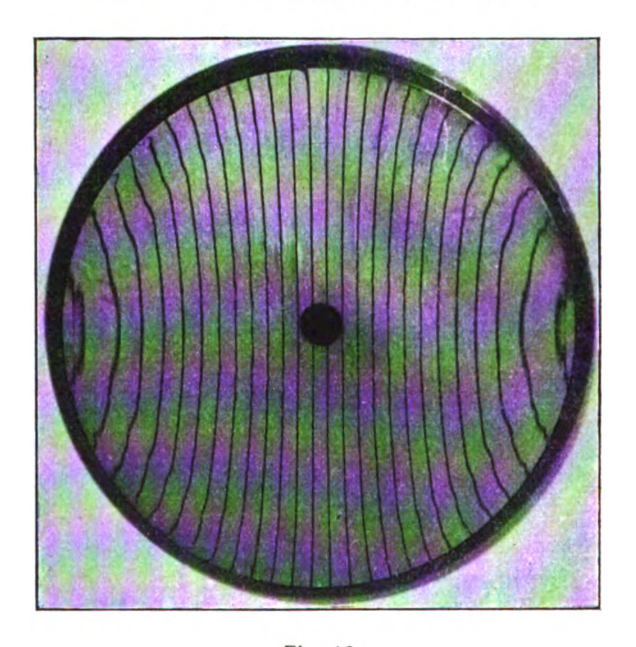


Fig. 13.

fähiger gegen die Einflüsse des elektrischen Bogens und des Wetters zu machen. Ein genauer Metallspiegel mit guter Reflexionsfähigkeit müßte eigentlich in neuem Zustande dem Glasparabolspiegel überlegen sein wegen des Fortfalles der Verluste durch Absorption im Glase. Die Vergleichsversuche ergaben aber eine Überlegenheit des Glasspiegels um 40 % im Mittel, weil die Spiegelfläche des Metallspiegels feine konzentrische Rillen aufwies, die von einer besonderen Behandlung bei der Fabrikation herrührten, wodurch eine vergrößerte Streuung der Lichtstrahlen hervorgerufen wurde, welche die eben erwähnte Schwächung des Lichtes zur Folge hatte. Bei genauem Betrachten des Linienbildes sind die konzentrischen Rillen bemerkbar. Die

schützende Palladiumschicht erfüllte die Erwartungen auch nicht, sodaß der Spiegel noch vor Jahresfrist durch Benutzung an Bord unbrauchbar geworden war.

Die Spiegelkontrolle durch die Linienphotographie gestattet nun zwar eine Beurteilung der Spiegel nach ihrer relativen Form, das heißt nach der Kontinuität ihrer Krümmung, gibt aber allein kein Bild, ob die allgemeine Form den an einen Scheinwerferreflektor zu stellenden Bedingungen genügt. Diese Kontrolle erhält man erst, wenn man für die einzelnen Spiegelzonen die Brennweiten bestimmt und das Diagramm für diese Werte aufzeichnet.

Durchmesser der Zonen der Scheinwerferspiegel.

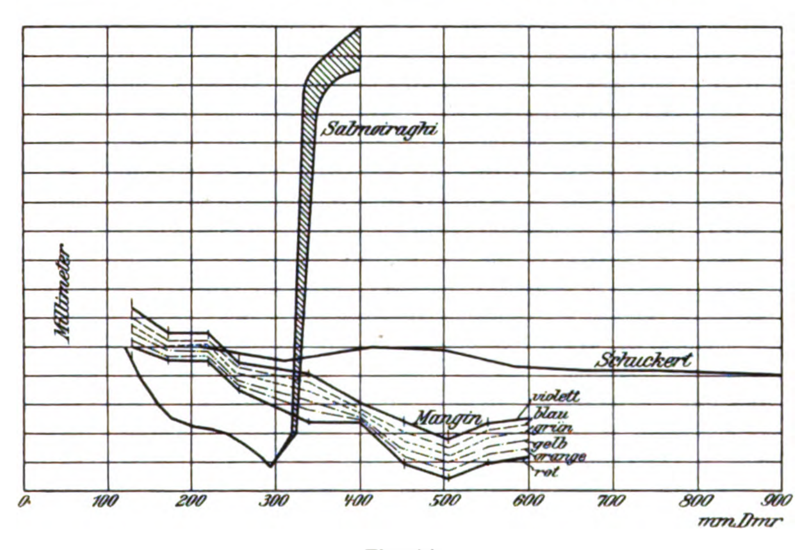


Fig. 14.

Auf die Methode der zonenweisen Brennpunktbestimmung kann hier nicht eingegangen werden, doch will ich die Diagramme für den Manginspiegel, den Salmoiraghispiegel und den Schuckertspiegel vorführen. Wir sehen (Fig. 14), daß der Schuckertspiegel für die verschiedenen Zonen nur Abweichungen von maximal 1 mm von der konstanten Brennweite zeigt, also einen ganz vorzüglichen Reflektor für Scheinwerfer abgeben muß. Der Salmoiraghispiegel dagegen zeigt ganz ungeheuere Abweichungen von ca. 15 mm von der normalen Brennweite gegen seinen Rand zu. Er wird also einen sehr ungleichmäßigen und stark gestreuten Strahl für Scheinwerfer ergeben. Der Manginspiegel zeigt trotz seines guten Linienbildes eine Abweichung der Brennweiten von 5—6 mm, was für einen Spiegel von 60 cm

Durchmesser sehr beträchtlich genannt werden muß. Bemerkenswert ist ferner die Verschiedenheit der Brennweiten für die verschiedenen Farben der Lichtstrahlen, welche beim Manginspiegel wegen der prismatischen Form der Linse beobachtet werden kann.

Gelief. 1885 für Panzerkorvette „Ting Yuen".
Schuckertscheinwerfer.

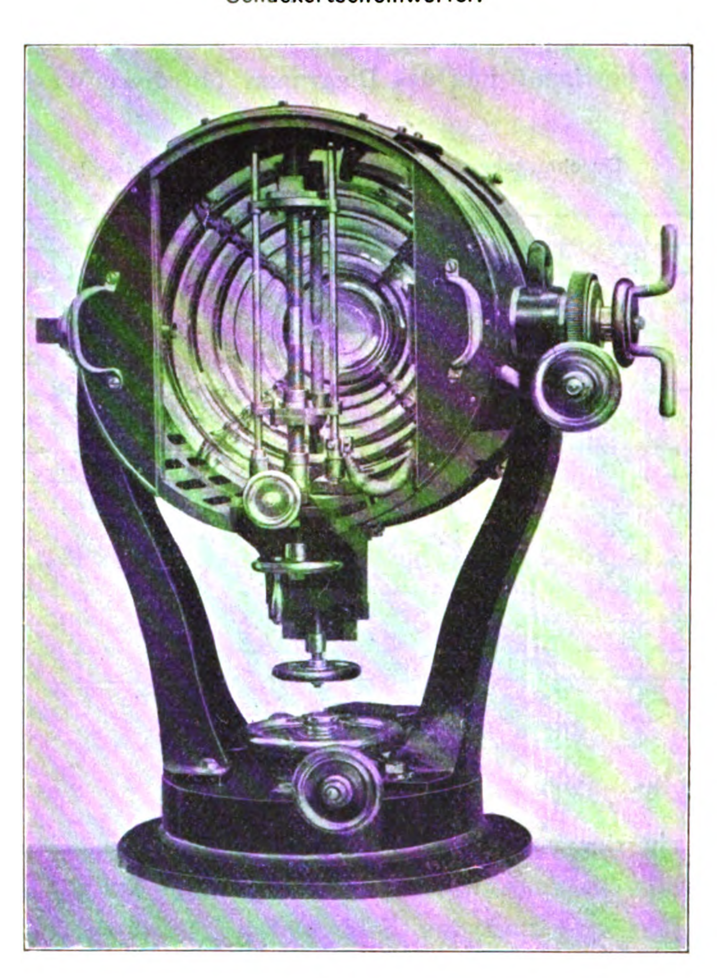


Fig. 15.

Mit der Besprechung der Methoden zur Kontrolle der einzelnen Spiegel können wir die Betrachtung über den Hauptteil der Scheinwerfer, nämlich den Projektionsapparat, für abgeschlossen halten, und möchte ich nun dazu übergehen, einige praktische Ausführungen ganzer Apparate nebst Zubehör, wie sie von verschiedenen Firmen fabriziert werden, vorzuführen.

Es dürfte zunächst interessant sein, einen der älteren Apparate, welchen die Firma Schuckert geliefert hat, zu betrachten und der mit Fresnellinse und total reflektierenden Prismenringe versehen ist. (Fig. 15.) Dieser Apparat wurde im Jahre 1885 für die chinesische Marine (Panzerkorvette „Ting Yuen“)

Gelief. 1885. Türkische Marine.
Schuckertscheinwerfer.

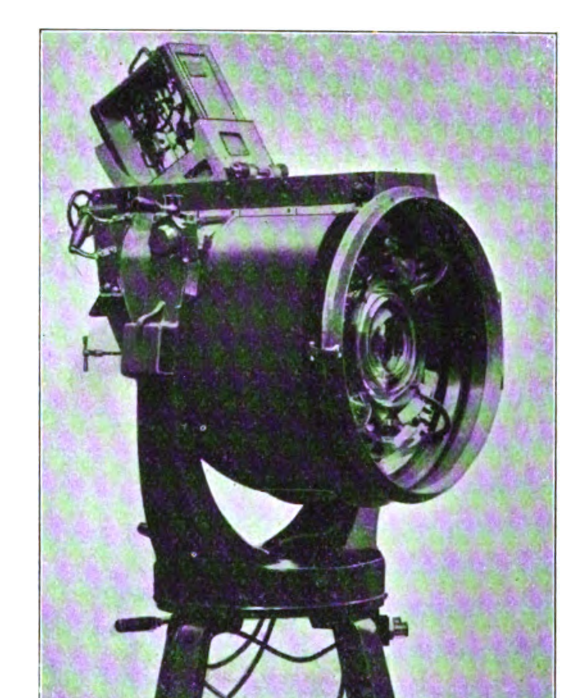
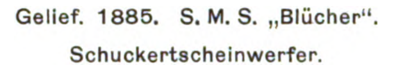


Fig. 16.

geliefert und besitzt noch die damals übliche Vertikallampe, wie sie auch in der Abbildung zu sehen ist. Ein zweiter Apparat (Fig. 16) ebenfalls mit Fresnellsystem, wurde im Jahre 1885 für die türkische Marine gebaut und besitzt Schräglampe, deren Anordnung über dem Scheinwerfergehäuse auf der Abbildung wahrgenommen werden kann. Die deutsche Marine erhielt im

gleichen Jahre ebenfalls Apparate mit Fresnellinsen für S. M. S. Blücher. (Fig. 17.) Dieser Scheinwerfer erhielt bereits einen Streuer, welcher vor das Linsensystem vorgeklappt werden kann. Noch in demselben Jahre wurde für die deutsche Marine von der Firma Schuckert der erste Glasparabolspiegel für


Gelief. 1885. S. M. S. „Blücher".
Schuckertscheinwerfer.

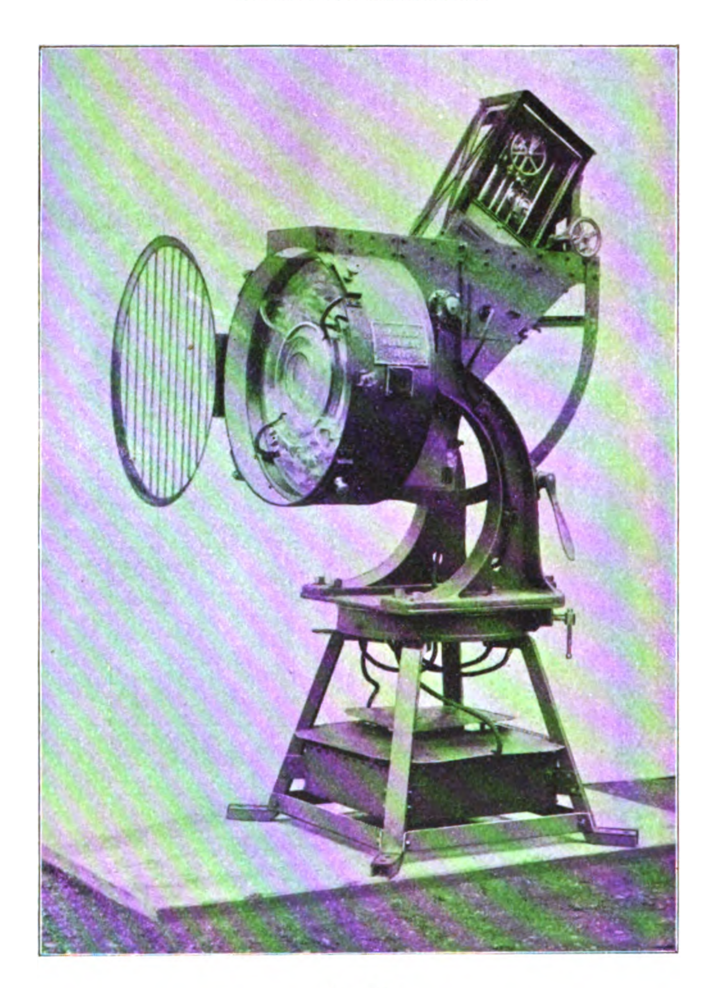
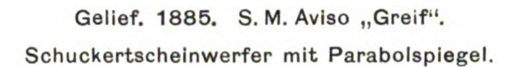


Fig. 17.

S. M. Aviso „Greif" geliefert und mit diesem gleichzeitig auch die erste Bogenlampe mit horizontal angeordneten Kohlenstäben. (Fig. 18.) Der Spiegel mußte für diese Konstruktion in der Mitte durchbohrt werden, weil der Lampenmechanismus sich hinter dem Spiegel befand und die Kohlenhalter durch den Spiegel hindurchgeführt werden mußten.

Der nächste Apparat (Fig. 19) stellt ebenfalls einen Schuckertschen Scheinwerfer mit Glasparabolspiegel aus der allerersten Zeit dar, der jedoch für den Gebrauch der Feldarmee bestimmt ist. Es kam bei dieser Konstruktion hauptsächlich darauf an, ein möglichst leichtes Gerät zu schaffen, weil diese Scheinwerfer dazu bestimmt waren, auf einem transportablen Turmgerüst, welches auf 10 m Höhe emporgewunden werden kann, benutzt zu werden. Außerdem zeigt dieser Armee-Scheinwerfer bereits eine neue Konstruktion


Gelief. 1885. S. M. Aviso „Greif".
Schuckertscheinwerfer mit Parabolspiegel.

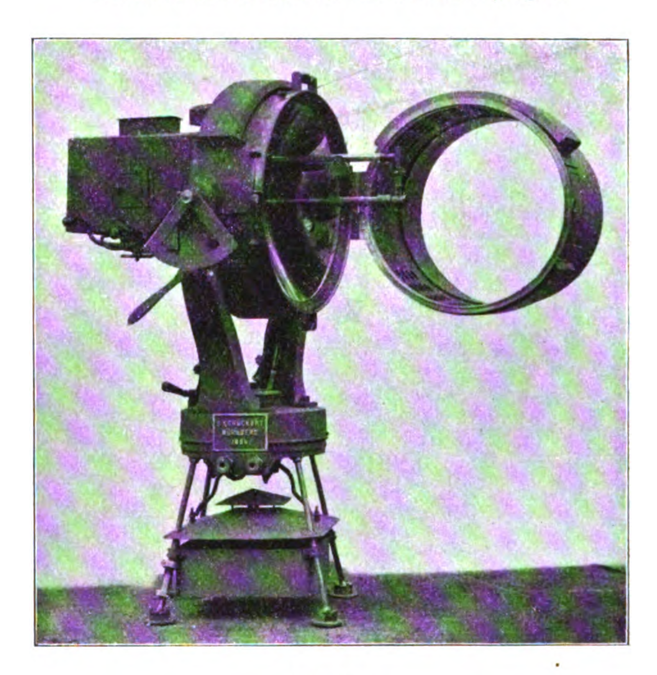


Fig. 18.

der Horizontal-Bogenlampe, bei welcher der Lampenmechanismus unterhalb des Gehäuses angebracht ist, während die Kohlen auf langen Kohlenhalterarmen in das Innere des Gehäuses hineinragen und auf diese Weise in die optische Achse des Spiegels gebracht werden.

Ein ebenfalls historisch interessanter Apparat ist (Fig. 20) der erste von der Firma Schuckert im Jahre 1891 auf der Frankfurter Ausstellung vorgeführte $1^1/_2$ m Scheinwerfer, der größte Apparat, welcher bis dahin in der Scheinwerfertechnik ausgeführt worden war. Neben diesem größten Scheinwerfer sieht man die Abbildung des damals kleinsten Apparates von 40 cm

Spiegeldurchmesser. Man nimmt auch an dem großen Spiegel die Spiegelung der Fugen der Lamellen des vorderen Abschlußglases wahr und ist in der Lage, aus dieser Spiegelung auf die schon damals große Vollkommenheit der spiegelnden Oberfläche einen Schluß zu ziehen.

Schuckertscheinwerfer. Deutsches Armeemodell.

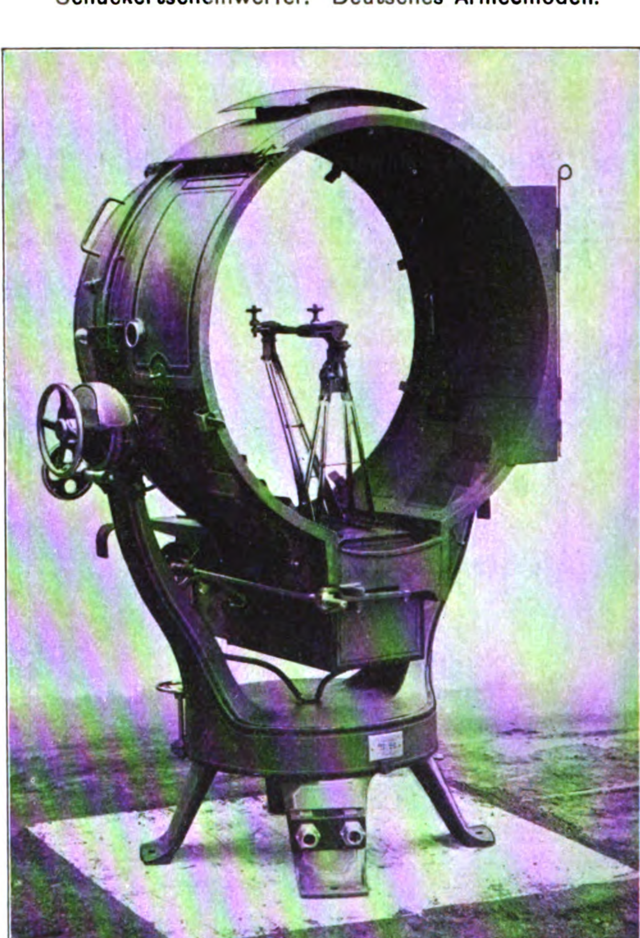


Fig. 19.

Das nächste Bild (Fig. 21) zeigt einen kleinen transportablen Schuckert-Scheinwerfer von 40 cm Spiegeldurchmesser auf zweirädrigem gefederten Transportkarren. Dieser Apparat ist dadurch interessant, daß er den Japanern, an welche er geliefert wurde, in Verbindung mit einem Schuckertschen Dampfbeleuchtungswagen im japanisch-chinesischen Kriege sehr gute Dienste geleistet hat.

Fig. 22 zeigt einen französischen Scheinwerfer von 60 cm Spiegeldurchmesser von der Firma Sautter, Harlé & Co. mit dem bei den Franzosen üblichen Vorhang aus Gummistoff zum lichtdichten Abschluß des Scheinwerfergehäuses nach vorn. Der Apparat enthält den Mangin-

Erster 1,5 m Scheinwerfer mit Schuckertparabolspiegel
auf der Ausstellung zu Frankfurt a. M. 1891.

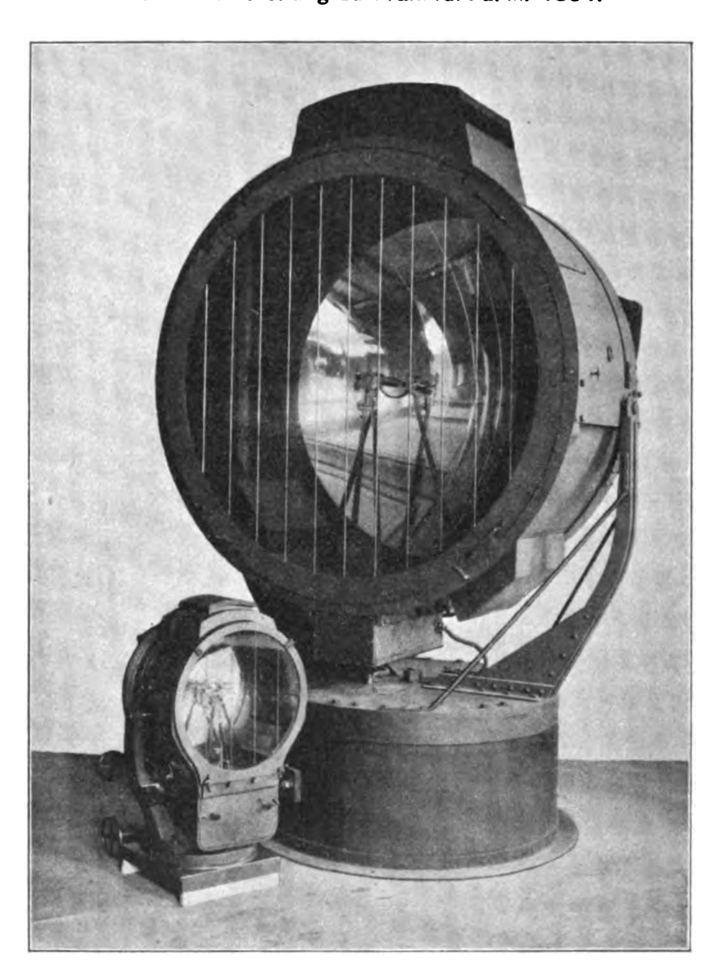


Fig. 20.

spiegel, dessen Linienbild und dessen Brennweitendiagramm vorhin vorgeführt wurde. Der Gummivorhang kann durch einen kleinen Elektromotor, welcher sich auf der Rückwand des Spiegels (Fig. 23) befindet, zum Signalisieren aus der Ferne benutzt werden, der Motor arbeitet aber verhältnismäßig langsam, sodaß neuere Apparate diese Einrichtung nicht mehr

besitzen. Der dargestellte Scheinwerfer wurde s. Zt. vom Reichs-Marine-Amt erprobt und zwar hauptsächlich mit Rücksicht auf den lichtdichten Abschluß durch den Gummivorhang. Letzterer hat den Nachteil, daß bei höheren Stromstärken die Hitze des elektrischen Bogens und der vom Spiegel

40 cm Schuckertscheinwerfer, für Japan geliefert.

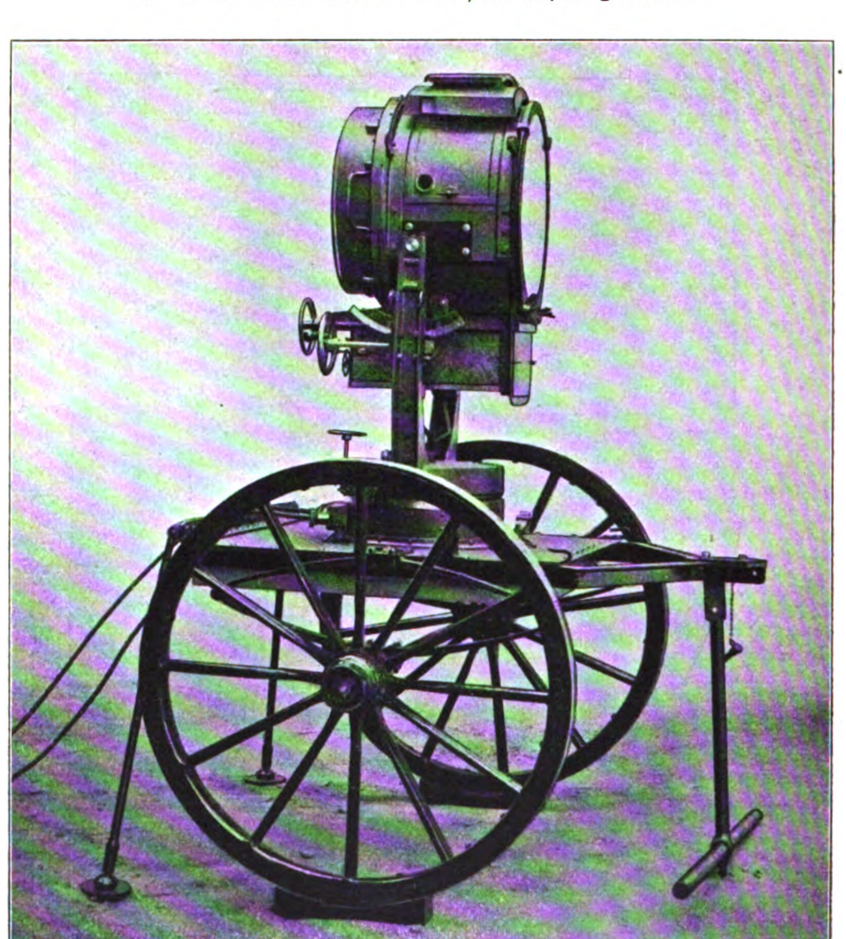


Fig. 21.

kommenden reflektierten Strahlen bei höheren Stromstärken so groß wird, daß der Gummivorhang dieser Beanspruchung nicht standhält, und man hat nicht selten Gelegenheit, an solchen Apparaten in der Mitte des Vorhanges ein durchgebranntes Loch konstatieren zu können. Der lichtdichte Abschluß bei Scheinwerfern ist von größter Bedeutung, wenn mit abgeblendetem Schiffe gefahren wird und doch die Scheinwerfer jederzeit zum Leuchten bereit-

stehen müssen. In diesem Falle ist es erforderlich, die Scheinwerferlampe brennen zu lassen, weil sie nur dann sofort ruhiges Licht, welches zur Beobachtung zu gebrauchen ist, entsendet. Es würde nicht genügen, die Schein-


Manginscheinwerfer von Sautter, Harlé & Co.

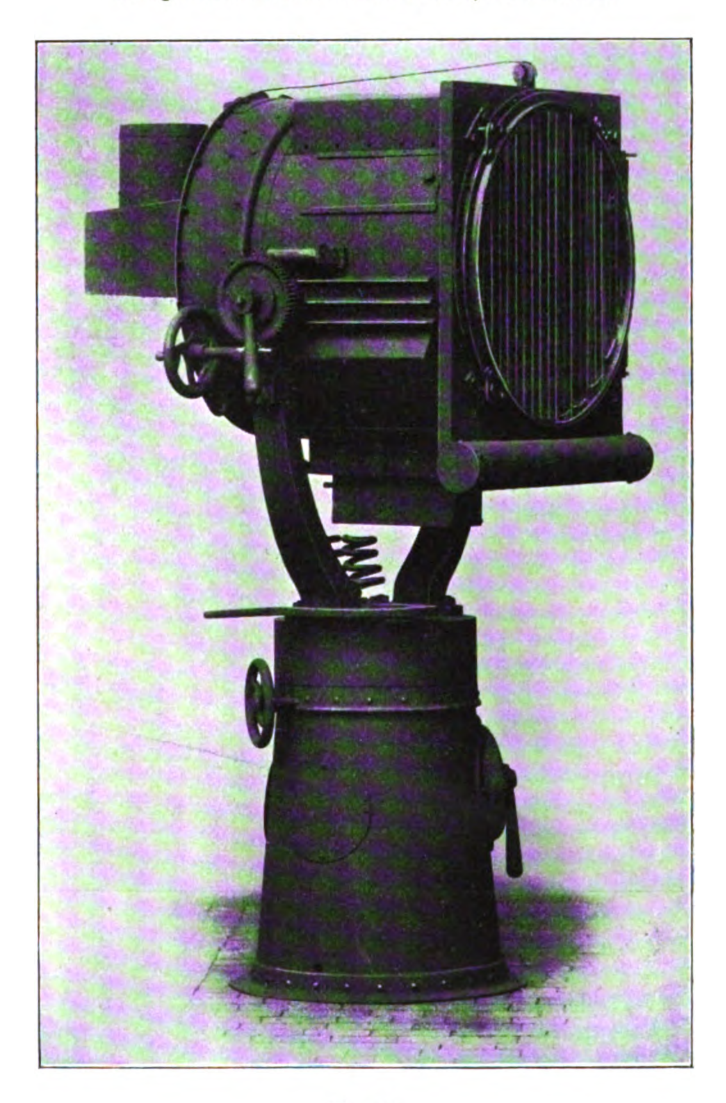


Fig. 22.

werfer zu löschen und sie erst im Moment des Gebrauches einzuschalten, weil in den ersten Sekunden immer der Lichtbogen unruhig brennt und dadurch die wertvollste Zeit für die Beobachtung durch das flackernde Licht verloren gehen würde.

Manginscheinwerfer von Sautter, Harlé & Co.

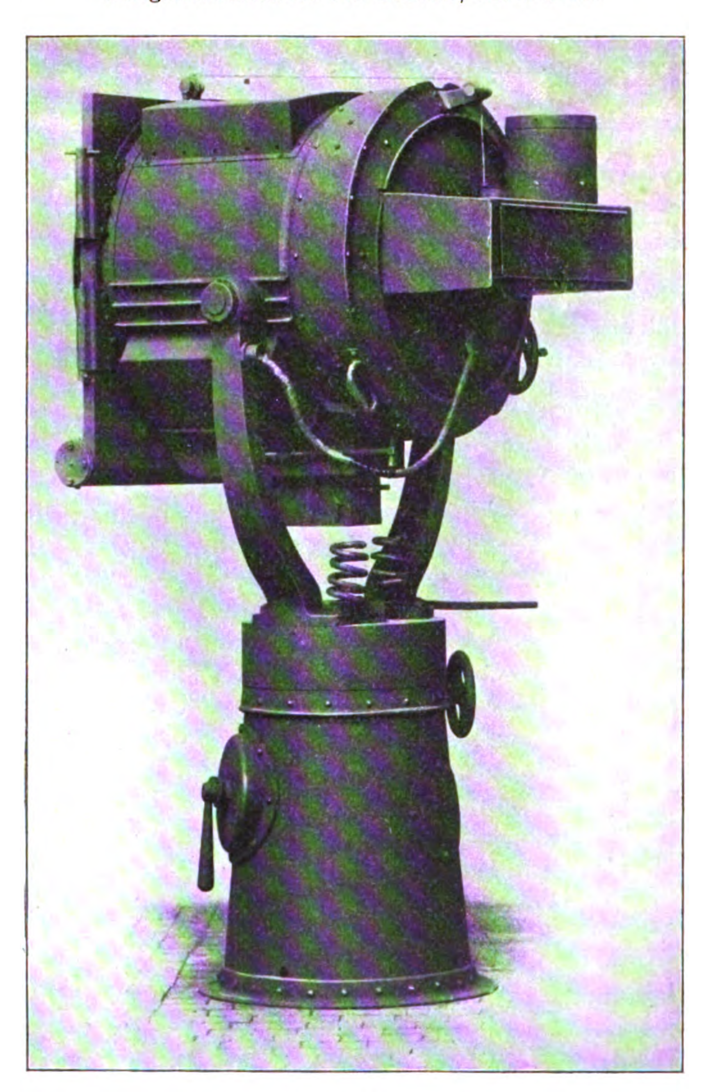


Fig. 23.



Fig. 24.

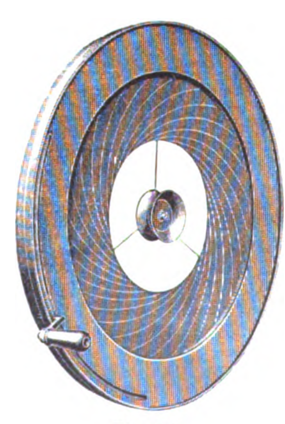


Fig. 25.

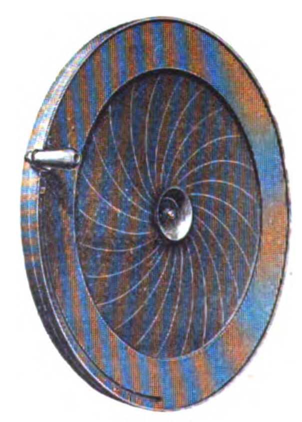


Fig. 26.



Einen lichtdichten Abschluß, welcher einesteils auch nicht die geringsten Lichtstrahlen bei brennenden Scheinwerfern durchläßt, andernteils die nötige Widerstandskraft gegen die Erwärmung besitzt, hat die Firma Schuckert in


Manginscheinwerfer von Sautter, Harlé & Co. 1903.

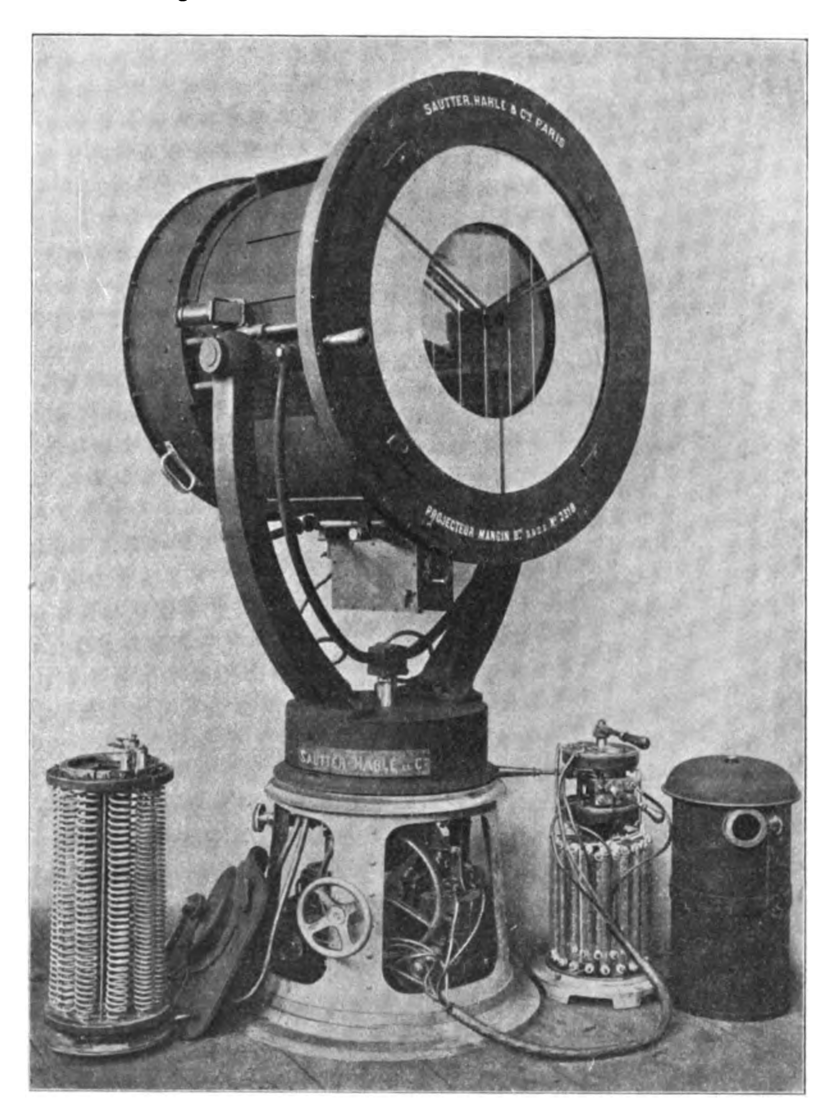


Fig. 27.

der Irisblende geschaffen. (Fig. 24 bis 26.) Daß die Zweckmäßigkeit der Irisblende auch anderweitig anerkannt wird, zeigt Fig. 27, eines der neuesten französischen Scheinwerfer von der Firma Sautter, Harlé & Co., welche meines Wissens für Rußland geliefert wurden. Auf diesem Bilde ist eine Irisblende

in fast genau der gleichen Ausführung, wie sie der Firma Schuckert patentiert ist, zur Darstellung gebracht. Auch englische Firmen haben die Irisblende nachgebaut, ebenso auch italienische.

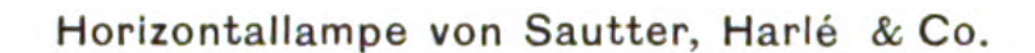

Horizontallampe von Sautter, Harlé & Co.

Fig. 28.

Überhaupt hat wie auf so vielen anderen Gebieten der Technik so auch im Scheinwerferbau die deutsche Industrie ihre ausländischen Lehrmeister überflügelt und hat ihrerseits die Führung übernommen. Auch im Schein-

werferbau werden mehr und mehr alle grundlegenden Konstruktionen, welche in Deutschland angewandt werden, allmählich von den ausländischen Konstrukteuren akzeptiert. So verwandte früher Sautter, Harlé & Co. ausschließlich die Schräglampe, welche auch für die Manginspiegel älterer Konstruktion wegen ihrer großen Brennweite die richtigste Lampe darstellte. Die von Schuckert gleich anfangs eingeführte Horizontallampe wurde als vollständig

Scheinwerfer von Salmoiraghi mit 75 cm Parabolspiegel.

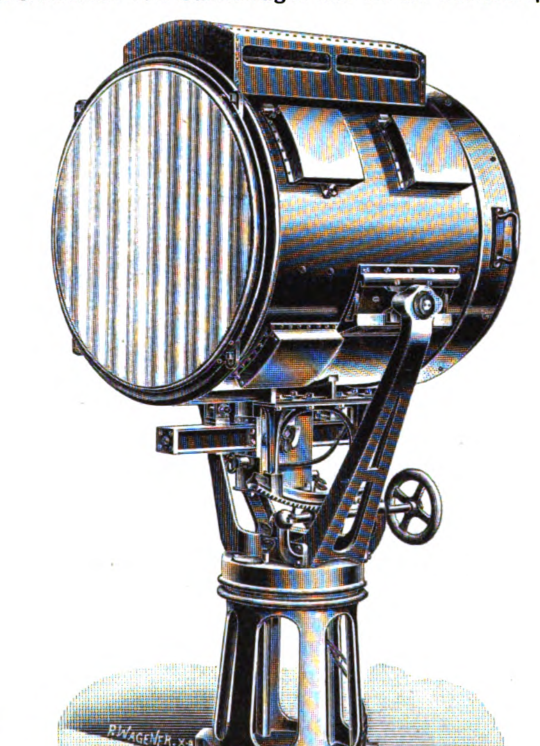


Fig. 29.

verfehlte Konstruktion bezeichnet und scharf angegriffen. Aus der Darstellung des neuesten französischen Apparates kann aber ersehen werden, daß auch Sautter, Harlé & Co. sich zur Verwendung von Horizontalbogenlampen entschlossen haben, sobald sie durch den Vorgang des Glasparabolspiegels auch bei Manginspiegeln zu kürzeren Brennweiten überzugehen gezwungen waren. Die Horizontallampe von Sautter, Harlé & Co. ist eine Motorlampe und durch Fig. 28 zur Darstellung gebracht.

Moderner Schuckertscheinwerfer mit Glasparabolspiegel von 90 cm.

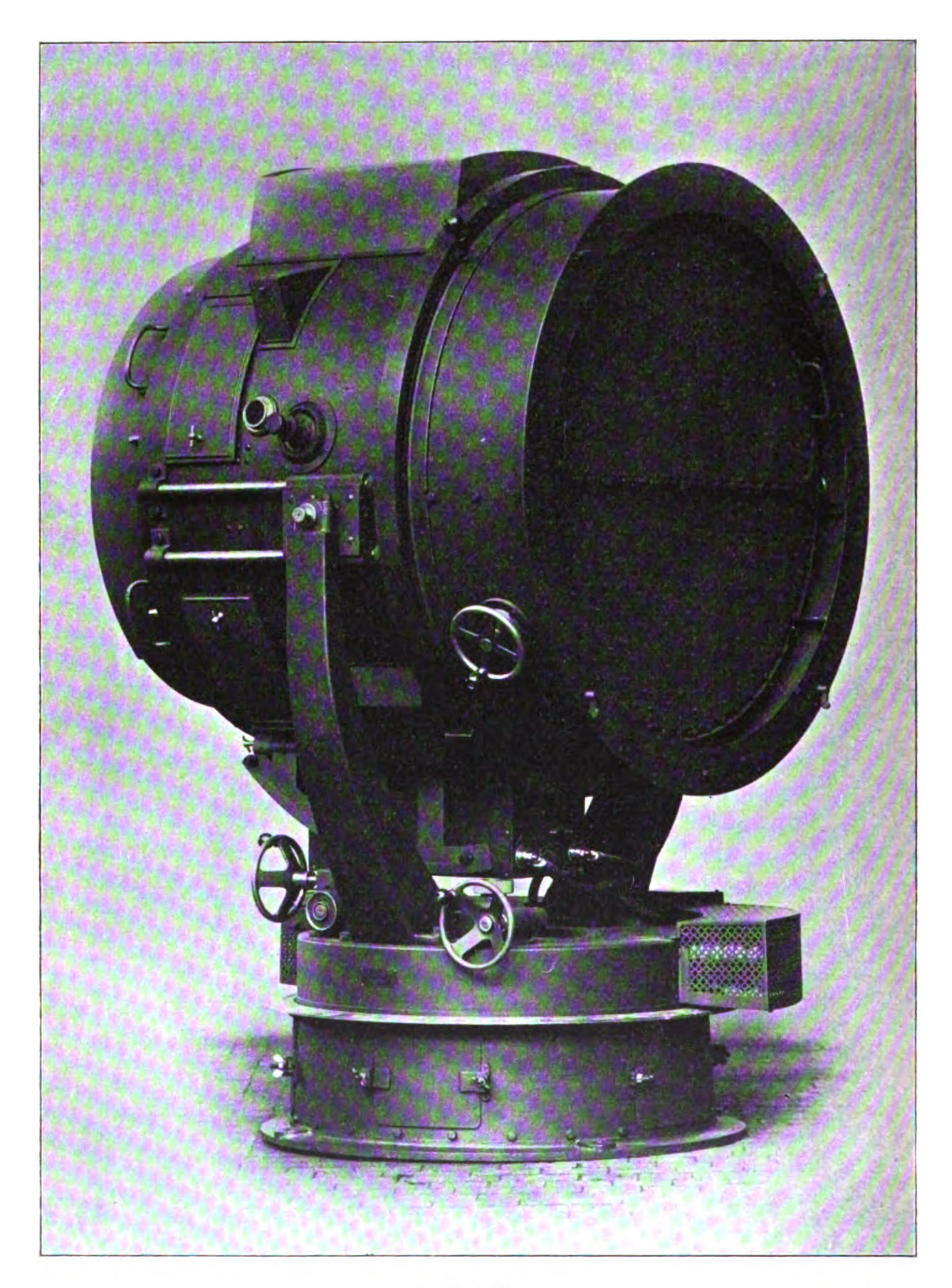


Fig. 30.

Das Bild Fig. 29 ist einem Kataloge von Salmoiraghi in Mailand entnommen und stellt einen 75 cm Scheinwerfer mit Glasparabolspiegel dar. Es ist das die Firma, von der ich in der Lage war, einen Spiegel durch

Moderner Schuckertscheinwerfer mit 90 cm Glasparabolspiegel.

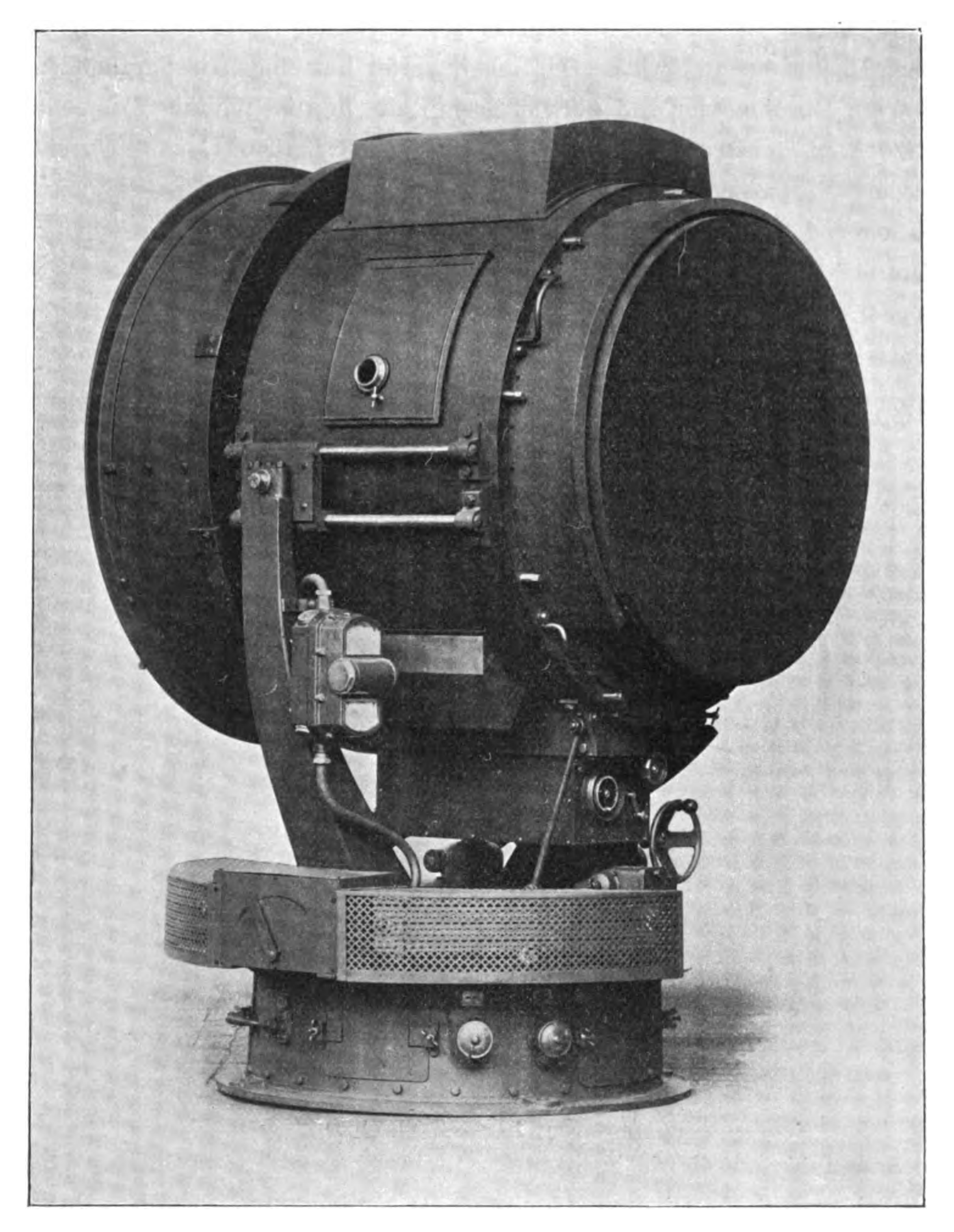


Fig. 31.

Linienbild und Brennweitendiagramm zu besprechen, welcher die sehr starken Abweichungen im Brennweitendiagramm und die ebenso starke Linienverzerrung am Rande gezeigt hat.

Die modernste und vollständigste Scheinwerfertype von Schuckert

wird durch die Figuren 30 und 31 zur Darstellung gebracht. Es ist dies gleichzeitig das Modell, welches in der deutschen Marine zur Aufstellung auf den Masten benutzt wird. Der Scheinwerfer hat einen Glasparabolspiegel von 90 cm Durchmesser und 420 mm Brennweite und ist für eine Stromstärke von 120 Amp. konstruiert. Die positive Kohle der horizontalen Nebenschlußlampe, auf deren genaue Einstellung in die optische Achse des Spiegels es vor allem ankommt, kann durch eine besondere auf Fig. 39 über dem Tragzapfen sichtbare Einrichtung ohne Öffnung des Gehäuses jederzeit in die richtige Lage gebracht werden. Nach vorne ist das Gehäuse durch den so-

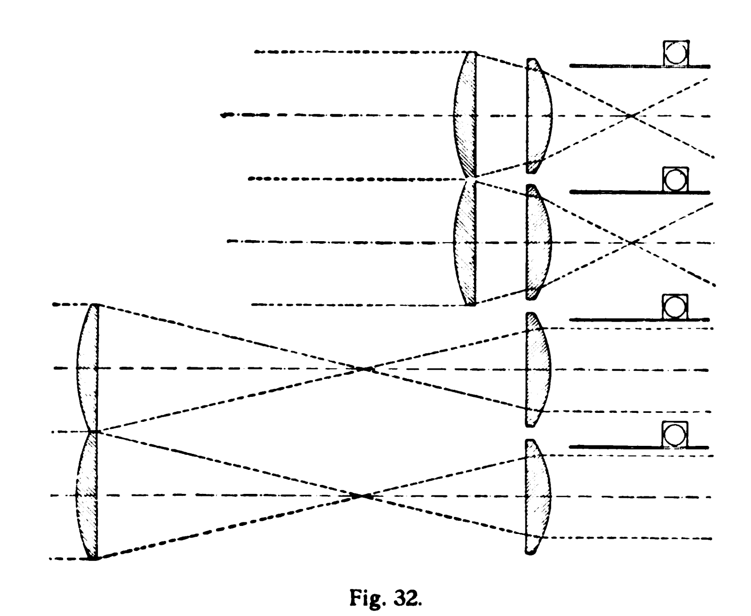


Fig. 32.

genannten Doppelstreuer (Fig. 32) abgeschlossen, einer Kombination von zwei Systemen plankonvexer Zylinderlinsen, durch deren gegenseitige Annäherung oder Entfernung das vom Spiegel kommende nahezu parallele Licht nach Bedarf bis auf 45° in horizontaler Richtung ausgebreitet oder zu einem Lichtstrahle von 4—5° Divergenz konzentriert werden kann. Zwischen Doppelstreuer und Gehäuse befindet sich die Irisblende (Fig. 24 bis 26). Das Gehäuse ruht vermittelst zweier Tragarme aus Stahlguß auf einem Drehtisch aus Gußeisen und dieser mittelst zweier Stahlkugelkränze auf dem Untersatze, welcher in seinem Inneren die Elektromotoren zur Bewegung des Scheinwerferstrahles aus der Ferne enthält. Die Geschwindigkeit der Elektromotoren ist in so weiten Grenzen regulierbar, daß eine Vollumdrehung des

Scheinwerfers sowohl in einem Zeitraume von 12 Sekunden als auch in einem solchen von 8 Minuten bewerkstelligt werden kann. Auf Fig. 31 sieht man

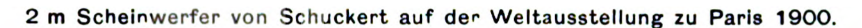

2 m Scheinwerfer von Schuckert auf der Weltausstellung zu Paris 1900.

Fig. 33.

vor allem den um den Drehtisch angeordneten Regulierwiderstand für die Lampe und an dem Tragarm des Gehäuses befestigt das aus Ampère- und Voltmeter kombinierte Meßinstrument.

Endlich muß hier noch eines Scheinwerfers (Fig. 33) Erwähnung getan

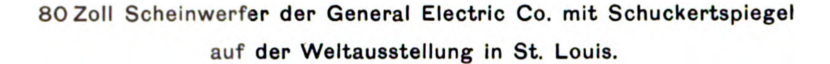


Fig. 34.

werden, der auf der Weltausstellung in Paris 1900 Aufsehen erregt hat durch die Größe des zur Anwendung gebrachten Glasparabolspiegels von 2 m Durchmesser. Die Brennweite des Spiegels beträgt 860 mm, die Lampe ist für 150 bis 200 Amp. konstruiert, die Irisblende wird wegen der großen Abmessungen elektromotorisch bedient. Alle Einzelheiten mußten an diesem Apparat wegen

der großen Abmessungen und der beträchtlichen Gewichte — der ganze Scheinwerfer wiegt ca. 5 t — besonders und abweichend von der sonstigen Norm konstruiert werden. Der Scheinwerfer wurde von Rußland angekauft.

Ein zweiter Spiegel derselben Größe wurde von Schuckert an die General Electric Co. in Schenectady geliefert und befindet sich gegenwärtig in einem von dieser Firma gebauten Gehäuse auf der Weltausstellung in St. Louis. Fig. 34 zeigt diesen Scheinwerfer mit einem kleinen 14zölligen Apparat daneben.

Mit dem 2 m Glasparabolspiegel dürfte man an der Grenze des technisch Möglichen vorläufig angelangt sein, denn die erreichte Genauigkeit des Schliffes ist so groß, daß sich z. B. die von der Sonne kommenden parallelen Strahlen in einer kleinen Kugel von nur 2 mm Durchmesser schneiden würden. Eine weitere Erhöhung der Genauigkeit wäre praktisch ohne Bedeutung. Eine Vergrößerung der Scheinwerferspiegel über 2 m würde unzweckmäßig und unbequem sein, so daß für die Erhöhung der Wirkung der Scheinwerfer nur die Entdeckung einer Lichtquelle von spezifisch höherer Intensität übrig bleibt.

Diskussion.

Herr Korvettenkapitän z. D. Friedländer-Berlin (Gast):

Es sei mir gestattet, auf eine Tatsache hinzuweisen, die als eine Begleiterscheinung eines Scheinwerfers im Betriebe aufgefaßt werden kann und als solche an Bord das wichtigste Instrument für die Navigierung eines Kriegsschiffes, den Kompaß, beeinflussen kann. Bis jetzt werden ausnahmslos unsere Scheinwerfer mit Gleichstrom betrieben. In der Nähe des Gleichstromkabels bildet sich ein Magnetfeld, welches Fernwirkungen hervorruft, Eisen magnetisch machen kann und den Kompaß zu stören imstande ist. Wenn man auch die magnetische Wirkung dieser Kabel dadurch aufhebt, daß man sie konzentrisch anordnet oder mit den Rückleitungen parallel legt, so ist dies doch im Scheinwerfer selbst für die Kabelschleife bei der Lampe nicht möglich. Wir haben also eine ziemlich starke, magnetische Fernwirkung zu erwarten. Man könnte diese Wirkung etwas lokalisieren, indem man den Scheinwerfer mit einer eisernen Umhüllung versieht, in welcher das Magnetfeld gefangen wird. Dann aber bilden sich in der Umhüllung wieder Magnete, welche nach Abstellung des Scheinwerfers ihre Fernwirkung ausüben. Zurzeit sind wirksame Abhilfen nicht geschaffen, und die Folge ist, daß wir gezwungen sind, die Scheinwerfer in bestimmten Entfernungen von den Kompassen aufzustellen, um die Kompasse dadurch nicht zu stören. Es kann dies aber nur als ein Notbehelf betrachtet werden, da die Wahl des Ortes des Kompasses und des Scheinwerfers an Bord eines Kriegsschiffes von anderen Gesichtspunkten aus bestimmt wird. Ich möchte mir daher erlauben, an Herrn Direktor Krell die Frage zu richten, ob bei Herstellung der Scheinwerfer dieser Frage Rechnung getragen wird, und ob in Aus-



sicht genommen ist, die Magnet-Fernwirkung des Scheinwerfers im Scheinwerfer selbst zu lokalisieren? Eine Kompensierung im Kompaß ist nicht möglich, weil der Scheinwerfer nicht immer im Betriebe ist und auch seiner Lage nach schwenkbar und richtbar hergestellt sein muss.

Herr Direktor Krell-Berlin (Schlußwort):

Es sind vor einigen Jahren auf Veranlassung des Reichs-Marine-Amts eingehende Untersuchungen gemacht worden über Scheinwerfer bezüglich ihrer Einwirkung auf den Kompaß. Diese Versuche mußten auf drei bis vier Wochen ausgedehnt werden, weil sich während derselben herausstellte, daß die Verhältnisse äußerst kompliziert liegen. Das Ergebnis der Versuche wurde seinerzeit auch dem Reichs-Marine-Amt mitgeteilt. Es war negativ insofern, als festgestellt werden mußte, daß an einem Scheinwerfer die magnetischen Verhältnisse durch die Beweglichkeit des Gehäuses und des Drehkörpers so kompliziert werden, daß Kompensationen der magnetischen Einflüsse unmöglich sind. Es wurde damals auch ein Scheinwerfer aus unmagnetischem Material gebaut, das Gehäuse aus Messing, überhaupt wurden nur die zur Lagerung verwandten Kugeln aus Stahl gemacht. Es zeigte sich aber, was eigentlich schon vorauszusehen war, daß die magnetischen Einflüsse dadurch eher größer geworden waren, denn das Gehäuse aus Eisenblech gibt eine gute Schirmwirkung, während die magnetischen Kraftlinien durch das Gehäuse aus Messing gegangen sind. Ich muß also Herrn Kapitän Friedländer sagen, daß seit den Versuchen, die ihm ja bekannt sind, keine weiteren angestellt wurden, weil damals von unserer Seite wenigstens die Unmöglichkeit eingesehen wurde, diesen komplizierten Verhältnissen näher zu kommen. Es werden auch seit der Zeit in den Scheinwerferkonstruktionen keine besonderen Rücksichten auf die magnetischen Verhältnisse genommen, weil die Störungen doch am besten dadurch beseitigt werden, daß man eben die Scheinwerfer so weit wie möglich von dem Hauptkompaß entfernt aufstellt, oder daß man Kompaßfernübertragungen auf dem Schiffe einbaut.

Der Ehrenvorsitzende, Seine Königliche Hoheit der Großherzog von Oldenburg:

Herr Direktor Krell hat uns in fesselnder Weise nicht nur die Optik der verschiedenen Scheinwerfer-Spiegel erklärt, sondern auch die Grenzen der Wirksamkeit der Scheinwerfer leicht verständlich entwickelt. Ich spreche deshalb Herrn Krell den Dank der Gesellschaft aus.

XVI. Über die Herstellung von Stahlblöcken für Schiffswellen in Hinsicht auf die Vermeidung von Brüchen.

*Vorgetragen von A. **Wiecke** - Düsseldorf.*

Die Ansprüche, welche bei den stetig wachsenden Abmessungen und Geschwindigkeiten unserer Schiffe an das Material gestellt werden, sind so wesentlich gestiegen, daß bei der Herstellung desselben die größte Sorgfalt geboten ist.

Es soll hier speziell die Fabrikation größerer Stahlblöcke besprochen werden, aus denen die Schiffswellen geschmiedet werden. Hierbei treten nämlich Erscheinungen auf, welche, dem Hüttenmann längst bekannt, auch für die weiteren Kreise der Schiffs- und Maschinenbauer schon deshalb ein großes Interesse haben, weil sie häufig im ursächlichen Zusammenhange mit Wellenbrüchen stehen.

Die Herstellung des hier in Betracht kommenden Stahles läßt sich in zwei Abschnitte trennen. Der erste ist:
„die Herstellung der jeweilig gewünschten Qualität im Siemens-Martin-Ofen oder -Tiegel", — der zweite betrifft:

„die Behandlung dieses Stahles von dem Augenblicke an, wo er, aus dem Ofen in die Gießpfanne abgestochen, diese verläßt bis zu seiner vollständigen Erstarrung".

Die erste Behandlung, „die Herstellung der jeweilig gewünschten Qualität im Siemens-Martin-Ofen oder -Tiegel", soll hier nicht weiter besprochen werden. Es sei nur bemerkt, daß bei Verwendung eines geeigneten Rohmaterials heute unsere Stahlwerksingenieure durchweg in der Lage sind, die für die Schmiedestücke der Kriegs- und Handelsmarine vorgeschriebenen Qualitätsziffern mit großer Sicherheit sowohl im Siemens-Martin-Ofen als im Tiegel zu erreichen, ein Umstand, welcher nicht zum wenigsten dem freund-



Giespfanne und Coquille.

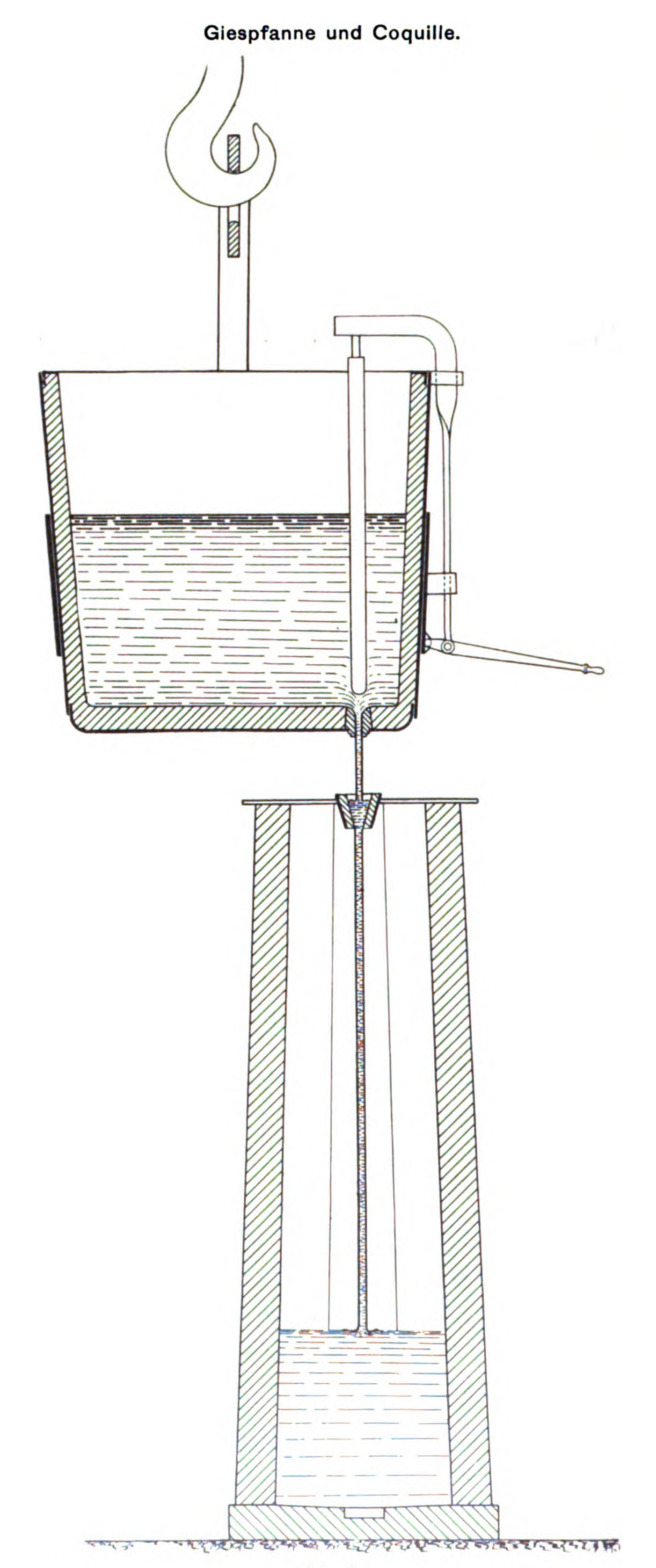


Fig. 1.

Durchschnittener, nicht komprimierter Stahlblock von 20 t Gewicht

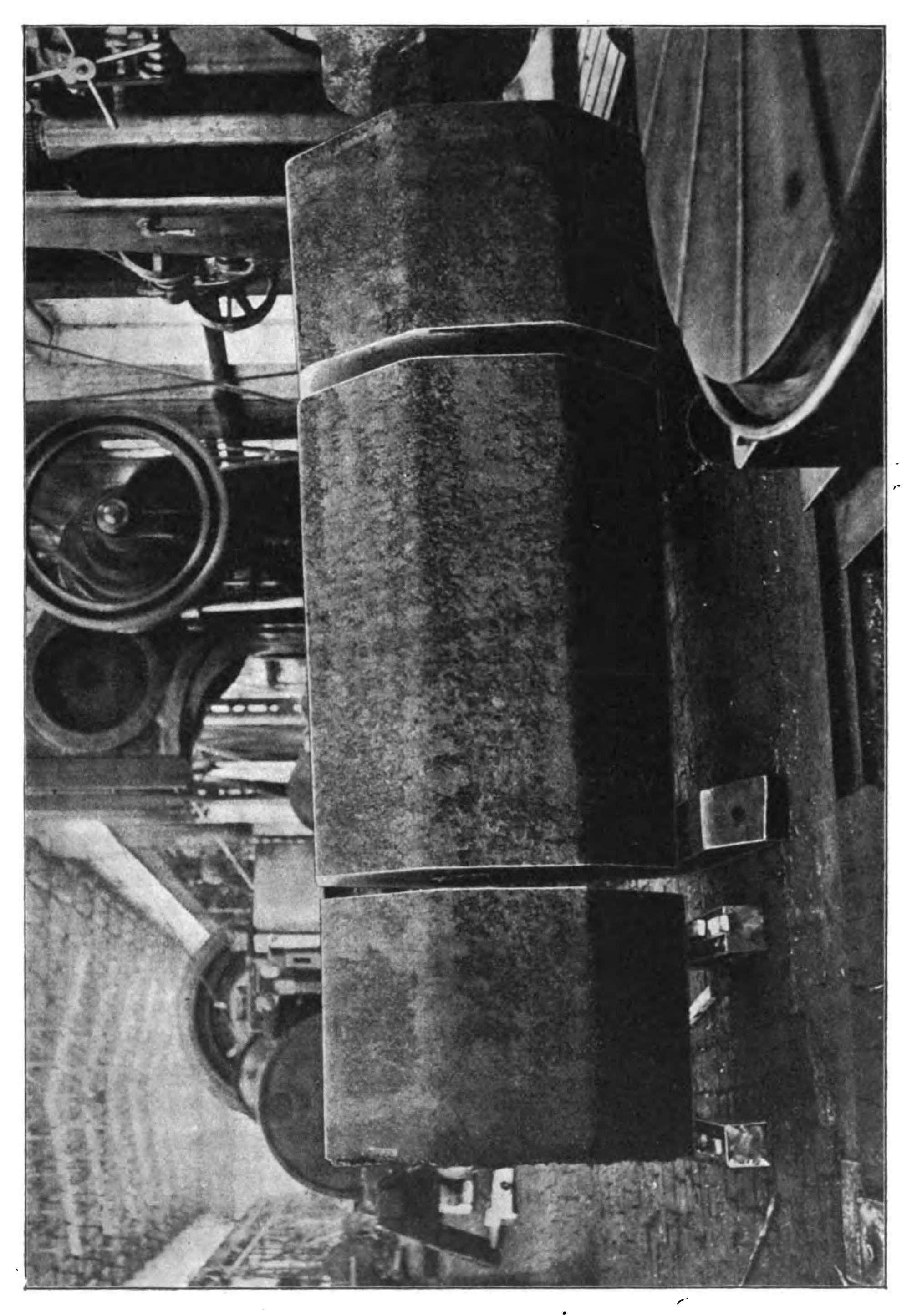
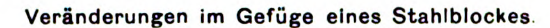


Fig. 2.

schaftlichen Handinhandarbeiten zwischen der Kaiserlichen Marine, den Reedereien bezw. den großen Klassifikationsgesellschaften, wie Germanischer Lloyd, Englischer Lloyd und Bureau Veritas einerseits und den ausführenden Hüttenwerken andererseits zu verdanken ist.


Veränderungen im Gefüge eines Stahlblockes.

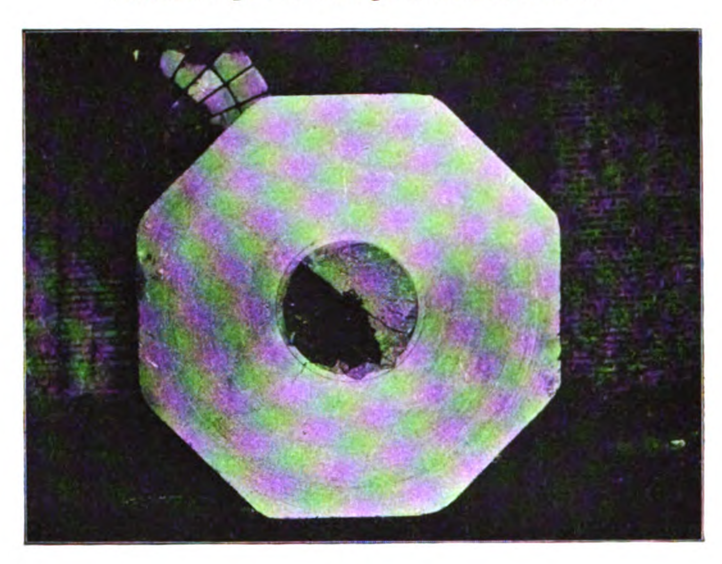
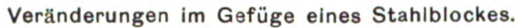


Fig. 3.


Veränderungen im Gefüge eines Stahlblockes.

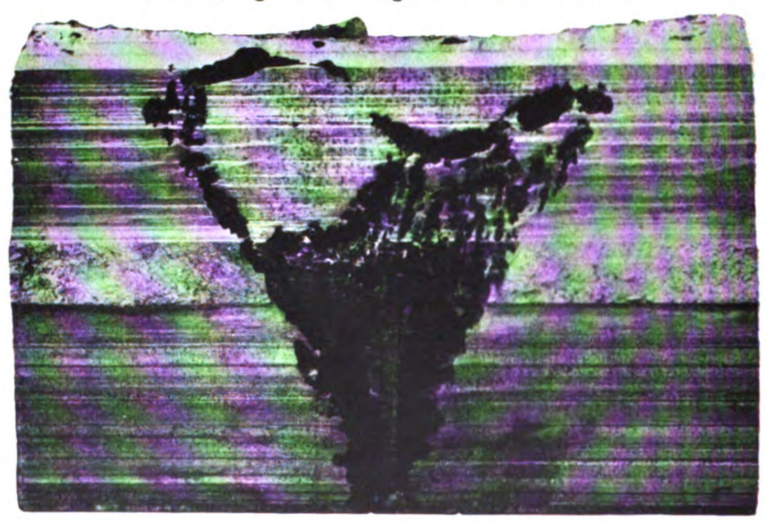


Fig. 4.

Wenn wir also gleich zu Punkt 2 kommen, nämlich „Die Behandlung des Stahles von dem Augenblicke an, wo er die Gießpfanne verläßt, bis zu

seiner vollständigen Erstarrung", so kann ohne Bedenken davon ausgegangen werden, daß die Qualität des flüssigen Stahles den jeweiligen Bedingungen vollständig entspricht.

Während der flüssige Stahl in der Gießpfanne noch mit einer dicken Schicht gleichfalls flüssiger Schlacke bedeckt ist, ist derselbe, wenn er durch den Boden der Pfanne mittels eines beweglichen Stopfens in die Coquille geflossen ist, fast schlackenrein. (Fig. 1.) Man sollte annehmen, daß das ganze Stahlquantum, welches im Moment des Einfüllens in die Coquille von durchaus gleichmäßiger, guter Qualität war, in seinem späteren erstarrten Zustande auch gut bliebe und ohne weiteres verwendet werden könnte, und in der

Vase in der Coquille.

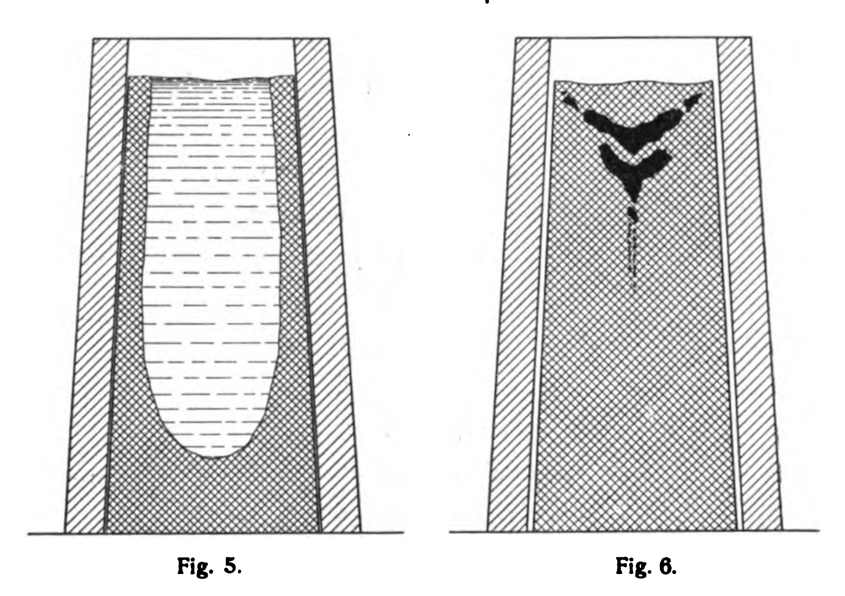


Fig. 5. Fig. 6.

Tat sieht ein solcher Stahlblock häufig für den flüchtigen Beschauer aus, als wenn er nur ein durchaus gleichmäßiges, gutes Material enthielte. (Fig. 2.) Leider ist das aber nicht so.

Man sieht aus den Figuren 3 und 4, den Ansichten eines durchgeschnittenen Stahlblockes von 20 t Gewicht, daß in dem Inneren desselben ganz gewaltige Veränderungen vor sich gegangen sind. Die Zerstörungen der Gleichmäßigkeit des Gefüges können bis tief in den Block hinein verfolgt werden.

Diese Veränderungen resp. Zerstörungen innerhalb des sich selbst überlassenen, erstarrenden Stahles sind zweierlei Natur,

1. Mechanische Veränderungen,
2. Chemische Veränderungen.

Mechanische Veränderung. Bekanntlich hat der Stahl die Eigenschaft, sich beim Erstarren zusammenzuziehen (schrumpfen). Kaum hat daher der aus der Pfanne gekommene flüssige Stahl sich an den Wänden und dem Boden der gußeisernen Coquille abgekühlt, so wird er, sich sofort zusammenziehend, die Form einer Vase wie Fig. 5 annehmen, welche sehr bald einen Spielraum zwischen sich und den Coquillenwänden lassen wird, während sie innen noch mit flüssigem Stahle gefüllt ist. Mit der fortschreitenden Abkühlung wird die Wand dieser Vase immer dicker (Fig. 6), indem die mit derselben in Berührung befindlichen Stahlteilchen ebenfalls erstarren, gleichzeitig wird der äußere Durchmesser der Vase durch den Schrumpf immer kleiner. Dieser Vorgang geht solange regelmäßig weiter, bis die Wand der Vase so stark geworden und soweit abgekühlt ist, daß sie dem Schrumpf der in ihr befindlichen, bis dahin noch nicht erstarrten Stahlteilchen nicht mehr folgen kann.

Es werden infolgedessen die noch erstarrenden Moleküle zunächst ein loseres Gefüge bilden, dann werden feine Risse entstehen und schließlich ganze Hohlräume gebildet. Diese Hohlräume nennt man „Lunker". (Fig. 6 und 7.)

Aus den in Fig. 7 ersichtlichen mikroskopischen Aufnahmen von Schliffen, welche aus den verschiedenen Teilen eines Blockes entnommen sind, kann man deutlich verfolgen, wie der Übergang vom offenen Lunker zum gesunden, dichten Material ein grobkrystallinisches, zum Teil zerrissenes Gefüge zeigt.

Da das am längsten flüssige Material sich naturgemäß im oberen Ende des Blockes befindet, so werden die geschilderten Veränderungen wesentlich in diesem Ende auftreten, wie auch die Figuren 4 und 7 zeigen. Dieses Ende hat deshalb den Namen „der schlechte Kopf".

Wir kommen nunmehr zur „Veränderung der chemischen Zusammensetzung" innerhalb des erstarrenden Blockes. Der Kohlenstoff, sowie Phosphor und Schwefel, welche sich in Verbindung mit dem Eisen in dem Stahle befinden und sehr starken Einfluß auf die Qualität desselben besitzen, haben die Eigentümlichkeit, sich während des Erstarrens von dem Eisen zu trennen, indem sie sich nach den am längsten flüssigen Partien hinziehen, ein Vorgang, den man „Saigerung" nennt. Je langsamer die Erstarrung des Blockes vor sich geht, um so ausgeprägter ist die Saigerung. Die Folge hiervon ist eine ganz wesentliche Veränderung der Qualität in den gesaigerten Teilen des Blockes, und zwar wird das Material an diesen Stellen hart und spröde, hat also von der verlangten Qualität vollständig abweichende, geradezu gefährliche Eigenschaften, doppelt gefährlich, weil sie bei der Weiterbearbeitung kaum bemerkt werden können.



Lunkerbildung im Innern eines Stahlblockes.

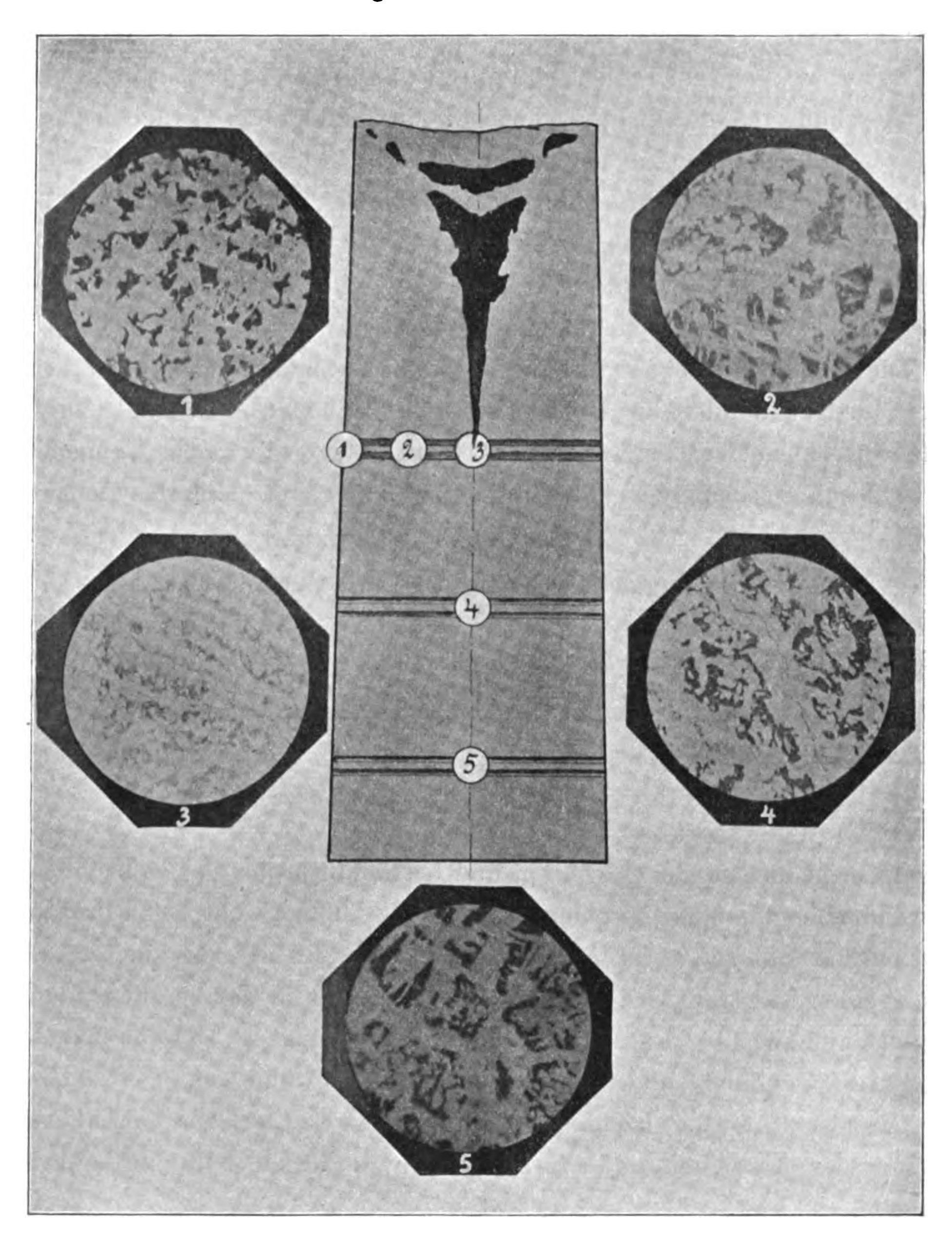


Fig. 7.

Es sind in der Praxis mehrfach Fälle festgestellt, wo die Festigkeit des Materials an diesen Stellen um 10 kg und mehr gegenüber den nicht gesaigerten Partien abwich, bei einer Dehnung von fast Null. Die Saigerung wird im allgemeinen in demselben Teile des Blockes vorzufinden sein, welcher auch die unter 1 beschriebenen mechanischen Veränderungen

durchmacht, im sogenannten schlechten Kopfe, jedoch liegen ihre Grenzen tiefer im Block.

Bevor wir dazu übergehen, die Mittel und Wege zu beschreiben, welche oben geschilderte, schädliche Eigenschaft des Stahles abschwächen oder gar ganz verhindern sollen, mögen einzelne Beispiele gezeigt werden, wo diese Eigenschaften zu Wellenbrüchen geführt haben.

Zum besseren Verständnis dieser Vorfälle sei hier eben kurz eingeschaltet, in welcher Weise z. B. eine Schraubenwelle oder Zwischenwelle und eine Kurbelwelle aus einem Stahlblocke geschmiedet werden.

Die Schmiedung einer Schrauben- oder Zwischenwelle aus dem meistens polygonartigen Stahlblocke ist sehr einfach. Hat man z. B. eine Schraubenwelle von 400 mm Durchmesser und 6000 mm Länge mit einem Kuppelflansch von 720 mm Durchmesser herzustellen, so berechnet man das Rohgewicht

Stahlblock und ausgeschmiedete Welle.

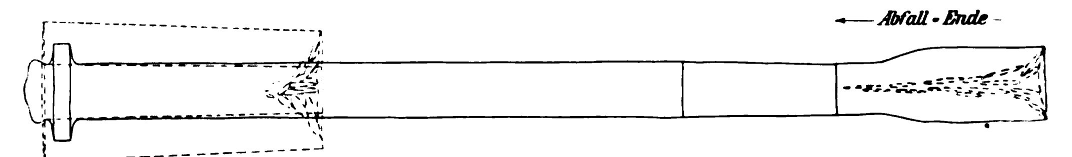


Fig. 8.

derselben, in diesem Falle 7600 kg, und bestimmt daraus das Gewicht des zu verwendenden Rohblockes, indem man auf das Rohgewicht einen Prozentsatz für Abbrand und den Abfall am schlechten Ende des Blockes hinzuzählt. Für diese beiden Faktoren wird der Schmiede-Ingenieur in dem vorliegenden Fall meistens reichlich $^1/_3$ des Wellengewichtes aufschlagen. Der für obiges Beispiel zu verwendende Block muß demnach ein Gewicht von 10 200 kg haben. Der Querschnitt resp. Durchmesser des Blockes resultiert aus dem Flanschendurchmesser der Welle und würde wieder in diesem Falle zirka 1200 mm betragen.

Fig. 8, in welcher der verwendete Block punktiert angedeutet ist, zeigt die durch die Verschmiedung erzeugte Materialverschiebung. Blockmittel und Wellenmittel bleiben in derselben Linie und der lunkerige und gesaigerte Teil des Blockes wird bei genügender Bemessung des Abfallendes mit diesem abgehauen, anderenfalls später im Mittel der Welle als Fehlstelle bleiben.

Wesentlich schwieriger ist die Herstellung einer Kurbelwelle, namentlich wenn dieselbe, wie meistens beim Schiffbau, mit zwei Flanschen versehen ist.

Hier kommen bei der Bestimmung des Blockgewichtes und Blockquerschnittes außer der Berücksichtigung der oben genannten Faktoren noch solche hinzu, welche durch die Formgebung des Kurbelhubes bedingt sind.

Das Gewicht des Blockes wird hier meistens mindestens doppelt so groß genommen, wie das der rohen Wellen und zwar aus folgenden Gründen: Angenommen sei eine doppelte Kurbelwelle mit zwei Flanschen. (Fig. 9.) Um diese Kurbelwelle herzustellen, wird zunächst ein dem Kurbelhubquerschnitt entsprechendes flaches Stück ausgeschmiedet, welches an beiden Enden so stark gelassen wird, daß man daraus später noch die Flanschen schmieden kann. Aus


Stahlblock und ausgeschmiedete Kurbelwelle.

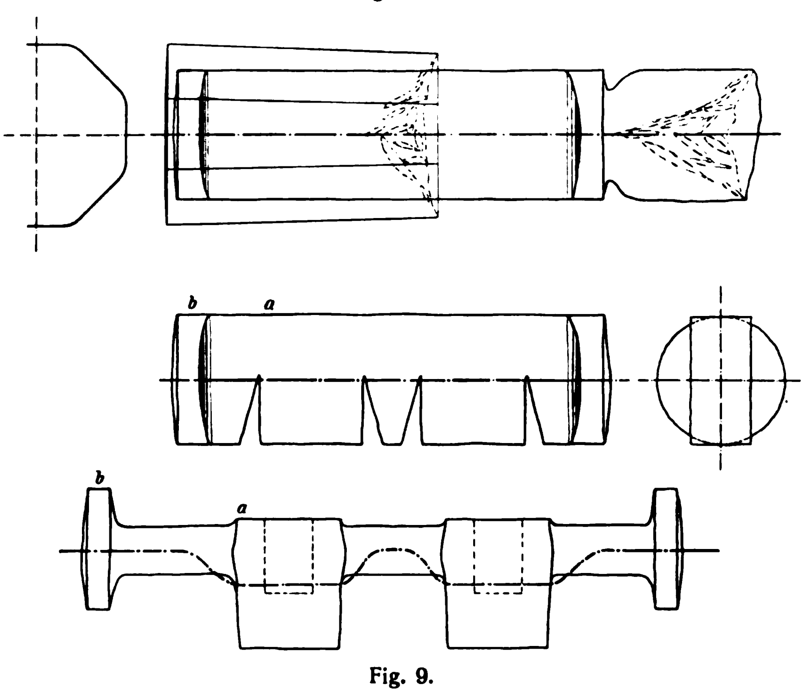


Fig. 9.

diesem flachen Stücke werden dann Zwickel ausgehauen, welche die späteren Kurbelhübe abgrenzen, was den wesentlich größeren Abfall bedingt. Dann wird das zwischen den zwei Kurbelhüben resp. Kurbelhub und Flansch stehen gebliebene Material herunter geschmiedet und gleichzeitig die Flanschenenden soweit herunter gedrückt, daß ihre Mittellinie um den vorgeschriebenen Kurbelradius gegen den Kurbelfinger versetzt sind, und schließlich die so gebildeten Lagerstellen rund geschmiedet (Fig. 9).

Verfolgt man durch diese einzelnen Handlungen die Mittellinie des ursprünglichen Rohblockes, so wird sich dieselbe bei der fertig geschmiedeten Kurbelwelle in der strichpunktiert angedeuteten Lage wiederfinden.

Während die Mittellinie also bei einer Schraubenwelle oder Zwischenwelle naturgemäß im Mittel der Welle bleibt, weicht der Blockkern bei einer Kurbelwelle ganz wesentlich vom Wellenmittel ab und zieht sich durch die am meisten beanspruchten Teile der Welle hin.

Es dürfte wohl kaum einen Kurbelwellenfabrikanten geben, der nicht schon einmal zu seinem größten Verdrusse plötzlich beim Ausstoßen des Hubes einer Kurbelwelle in der Nähe des Kurbelfingers Lunkerstellen vorgefunden hat.

Diese Lunkerstellen finden sich bei der Weiterverarbeitung dann immer an den Stellen wieder, wo die Blockmittellinie zu Tage tritt, d. h. in dem obigen Falle einer Kurbelwelle an den Außenflächen des Hubes, in den Lagerstellen und schließlich in der Mitte eines der beiden Flanschenenden.

Die Auffindung dieses Fehlers ist deshalb eine leichte und es werden infolgedessen die fehlerhaften Achsen schon vor Fertigstellung vom Betriebe verworfen. Fälle, wo derartige Wellen infolge Materialfehlers im Betriebe gebrochen sind, sind deshalb in der Praxis verhältnismäßig selten.

Anders ist dies, wie gezeigt, bei geraden Wellen.

Es seien hier nun einige Fälle von Wellenbrüchen angedeutet, bei welchen die Ursache auf verschiedenartige Materialfehler zurückzuführen ist.

1. Fig. 10 und 11 zeigten eine Kurbelwelle einer 1000 PS. Dampfmaschine. Der Bruch wurde wenige Monate nach Inbetriebnahme der Maschine so rechtzeitig entdeckt, daß ein großes Unglück vermieden wurde.

Nachdem die Achse ausgebaut war, wurde sie an der Bruchstelle vollends durchgesägt und zeigte nun einen großen Lunker, während beide Bruchstücke der Welle sonst vollständig gesund waren. Die Lunkerstelle mußte also sehr tief in dem Block gesessen haben und noch von einer dicken Schicht gesunden Materials überdeckt gewesen sein. Der Hammerschmied hatte offenbar das schlechte Ende zu knapp genommen, aber beim Abhauen desselben keinen Fehler entdeckt und so die Welle zur Bearbeitung weitergegeben. Ein Hohlbohren der Welle hätte bei der Fertigstellung sofort die Fehlstelle aufgedeckt.

Fig. 12 zeigt eine Dynamowelle.

2. Der Bruch der Welle ist eine beinahe über die ganze Fläche gehende Fehlstelle, aber keine Hohlstelle.

Man hat es also offenbar nicht mit einem Lunker, sondern mit einem Riß oder Sprung zu tun. Den Ursprung dieser Fehlstelle bildete ohne Zweifel



Gebrochene Kurbelwelle.



Fig. 10.

Gebrochene Kurbelwelle.

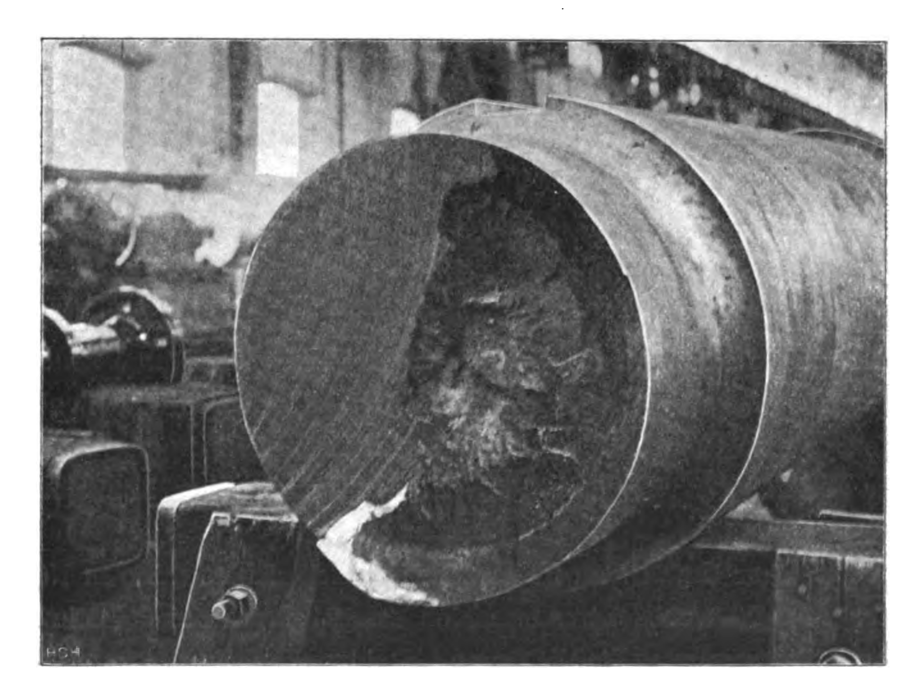


Fig. 11

einer der oben gezeigten Risse in der Kristallisation, der durch unsachgemäße Weiterbehandlung beim Schmieden vergrößert ist.

Die Zeitschrift „Elektrizität“, Berlin, welche über diesen Wellenbruch berichtet, schreibt:

„Der Bruch der Welle entstand plötzlich mit kanonenschußähnlicher Detonation, wobei auch die beiden Motoren und das gußeiserne Lagergehäuse in Brüche gingen, ohne die übrigen Maschinen noch die Bedienungsmannschaften

Gebrochene Dynamowelle.

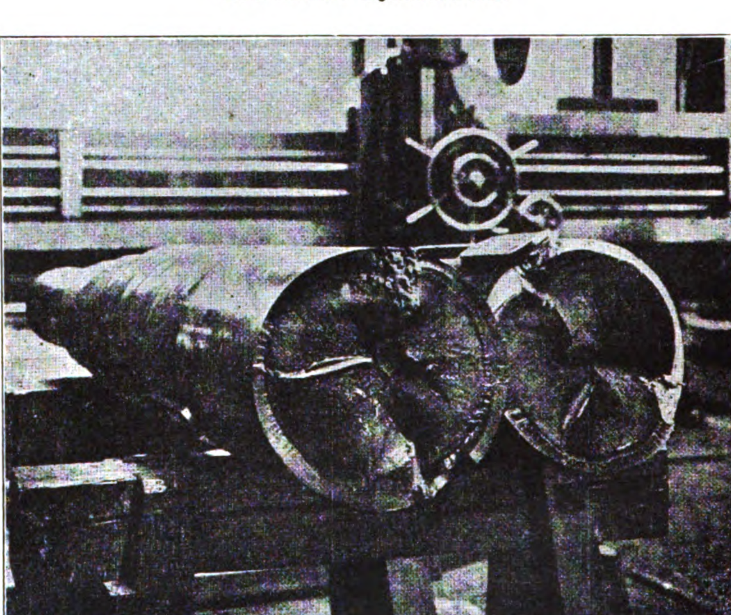


Fig. 12.

zu verletzen. Wie aus der Abbildung ersichtlich, ist die Bruchstelle innerhalb eines 20 mm breiten Randes trichterförmig gestaltet. Die Ringfläche zeigte einen frischen, feinkörnigen Bruch, die innere Bruchfläche war glatt mit glänzenden, radialen Armen. Die Ursache des Wellenbruches war offenbar eine Ungleichförmigkeit des Materials. Der ringförmige äußere Teil war gesund, war aber durch die Keilnut bis auf wenige Millimeter durchgeschnitten.

Ein ähnlicher Unfall kam im städtischen Elektrizitätswerke in Nürnberg bei einer 1400 PS-Wechselstrommaschine mit 94 Touren in der Minute vor. In beiden Fällen stammten die Wellen aus „Stahlwerken von anerkanntem Ruf“.

Soweit die Zeitschrift.

Da die Welle ziemlich genau in der Mitte gebrochen ist, wo sich ein Lunker nicht mehr vermuten läßt, so kann man wie gesagt den Bruch nur auf das Vorhandensein eines der feinen Sprünge zurückführen, der entweder durch ungeschicktes Anwärmen des Blockes beim Schmieden, oder durch starke Beanspruchung der Welle vergrößert worden war.

3. sei hier der Bruch einer Schraubenwelle erwähnt, der im Mittel des Konus entstand. (Fig. 13.)

Der Bruch zeigte keine Spur eines Fehlers, war feinkörnig und vollständig glatt, ohne jegliche zackigen Ausbröckelungen.

Schraubenwelle mit Bruch.

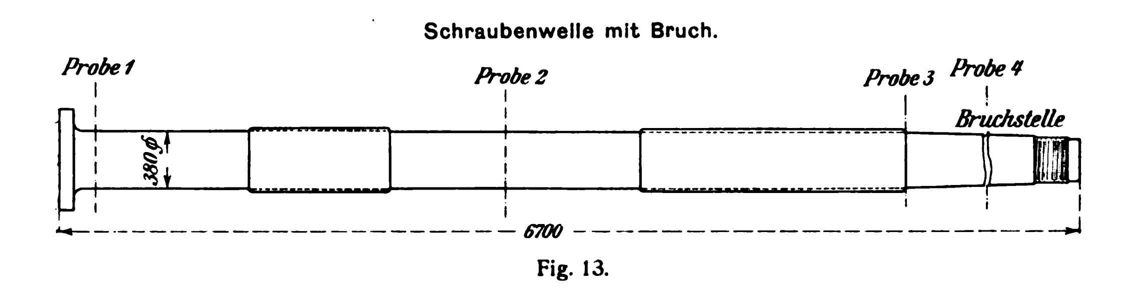


Fig. 13.

Die mit der Welle angestellten Zerreiß- und chemischen Untersuchungen haben eine ganz außergewöhnliche Saigerung ergeben.

Ein Bild des Bruches war leider nicht zu haben. Die angestellten chemischen Untersuchungen ergaben:

	C.	P.	S.
Am Flanschenende	0,31	0,06	0,029
In der Mitte der Welle . .	0,35	0,05	0,030
Am Beginn des Konus . .	0,62	0,08	0,051
An der Bruchstelle	0,72	0,12	0,069

Man sieht aus den Analysen, daß der verwendete Block außerordentlich stark gesaigert haben muß, sodaß die Saigerung bis tief in den verwendeten Stahlblock hineinging. Da ein sichtbarer Materialfehler nicht vorhanden war, hat der Hammerschmied die Welle ruhig zur Bearbeitung weitergegeben.

Einen ähnlichen Bruch einer Schwungradwelle schildert Zivilingenieur Schanzer aus Terni in einem sehr interessanten Aufsatz in der Zeitschrift für Eisenhüttenleute „Stahl und Eisen“.

Die drei geschilderten Arten der Wellenbrüche, unter welche sich ohne Zweifel der weitaus größte Teil aller Wellenbrüche rubrizieren lassen wird,

haben, wie gezeigt, alle drei ihre Ursache nicht, wie meistens angenommen wird, in der schlechten Beschaffenheit, sondern in der ungleichmäßigen Beschaffenheit des Materials.

Das Vorhandensein dieser bedeutenden Umwandlungen ursprünglich vollständig tadellosen und homogenen Materials in ein solches von ganz verschiedenen, zum Teil sehr minderwertigen, gradezu gefährlichen Eigenschaften, namentlich die auffällige Lunkerbildung, ist den Eisenhüttenleuten schon solange bekannt, wie überhaupt Stahl gemacht wird. Sie legen denselben eben die recht schmerzliche Steuer auf, mindestens $^1/_3$ des Blockes an dessen schlechtem Ende abzuhauen, um mit Bestimmtheit in dem dann übrig bleibenden Teile ein gleichmäßiges fehlerfreies Material zu haben.

Trotzdem beweisen die immer wieder vorkommenden Wellenbrüche infolge fehlerhaften Materials, wie oben gezeigt, daß es Ausnahmefälle gibt, wo dieser Abfall noch nicht genügt, und daß von diesen Ausnahmefällen sich ein großer Prozentsatz bei der Weiterbearbeitung der Wellen selbst in den bestgeleiteten Betrieben dem Auge des Betriebspersonals entzieht.

Dieser Umstand in Verbindung mit dem wirtschaftlichen Schaden, der dem Stahlmanne durch den bedeutenden Abfall erwächst, hat die Aufmerksamkeit mehr und mehr auf die Größe dieses Abfalles hingelenkt. Es galt deshalb für den Hüttenmann, Mittel und Wege zu finden, den Abfall, d. h. den obenerwähnten schlechten Kopf des Stahlblockes, nach Möglichkeit zu vermindern, ohne dabei Gefahr zu laufen, eine minderwertige Ware abzuliefern.

Alle diese Bestrebungen, den Lunker mit der begleitenden Saigerung möglichst nach oben zu ziehen und somit den Abfall zu vermindern, vereinigten sich zunächst in dem Gedanken, die Erstarrung des flüssigen Stahles in der Coquille zu verzögern. Namentlich war man von jeher bemüht, den obersten Teil der Gußform zu diesem Zwecke recht heiß zu halten, um somit recht lange in dem Kopfe des Blockes flüssigen Stahl zu erhalten, der die weiter unter sich naturgemäß bildenden Lunker ausfüllen sollte.

1. Dies geschah entweder, indem man den obersten Teil der Coquille mit feuerfestem Material ausfütterte und stark vorwärmte, was durch außenherum angeordnete Koksfeuer oder dergl. geschah, oder

2. indem man diesen ganzen oberen Teil der Coquille (wie Fig. 14) zum Abnehmen machte und auf besonderem Feuer anwärmte und kurz vor dem Guß aufsetzte, oder



3 indem man auf die Coquille eine besondere Form aufsetzte (verlorener Kopf), welche die Lunker usw. aufnimmt, und weil sie wesentlich geringeren Querschnitt als die Blockform hat, dadurch auch die Masse des Abfalles vermindert.

Während die eben erwähnten Methoden auf der Erhaltung der Wärme, besonders am oberen Ende des Blockes basieren, sind neuerdings sehr



Abnehmbarer Oberteil der Coquille.

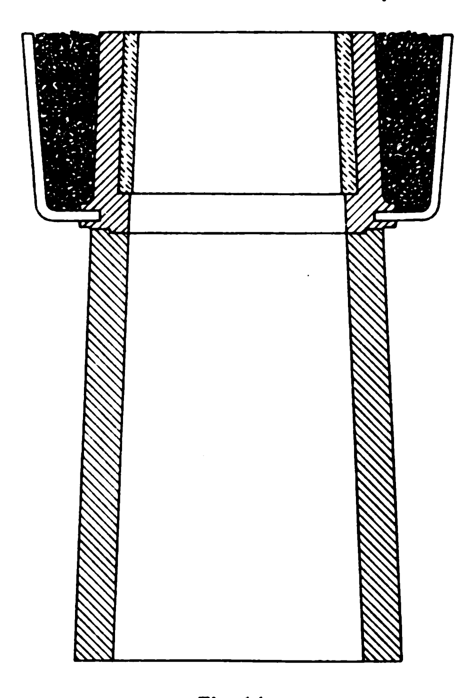


Fig. 14.

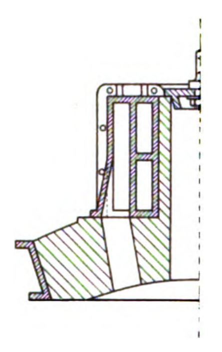
bemerkenswerte Erfindungen gemacht worden, welche dem oberen Blockende zum Zwecke des Flüssigerhaltens frische Wärmemengen zuführen.

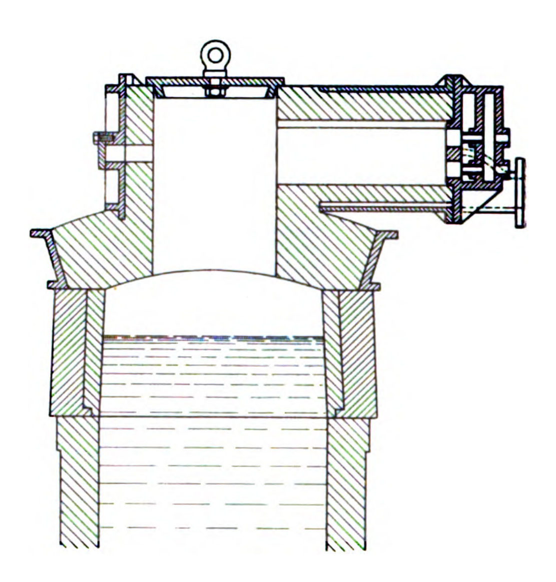
Es sei hier besonders das Patent Riemer erwähnt (Fig. 15). Der Erfinder setzt nach dem Guß auf die Coquille eine Haube, heizt den Kopf mit einer Generatorgas-Stichflamme und hält die oberste Partie des Blockes auf diese Weise sehr lange flüssig.

Ein ähnliches Verfahren ist der Gutehoffnungshütte geschützt.

Aus den Abbildungen zweier nach diesem Verfahren behandelten Blockköpfe sieht man, daß der Erfolg offenbar in einer Verminderung des schlechten Kopfes besteht, insofern als die Lunker mit großer Wahrscheinlichkeit nur noch an dem obersten Ende des Blockes zu finden sind (Fig. 16). Die anderen, mindestens ebenso gefährlichen Erscheinungen aber, welche eine Folge der

Coquillenaufsatz Patent Riemer.





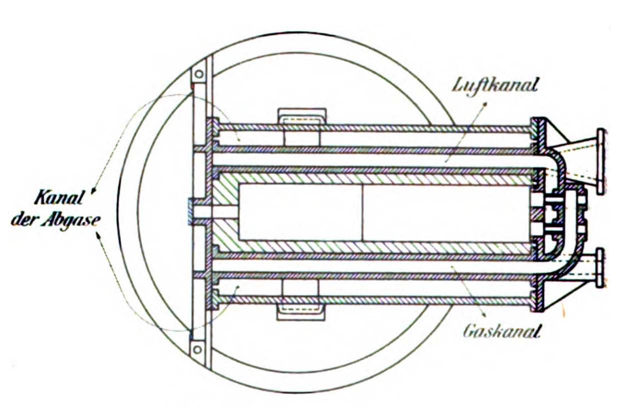


Fig. 15.

Zwei schlechte Blockköpfe.



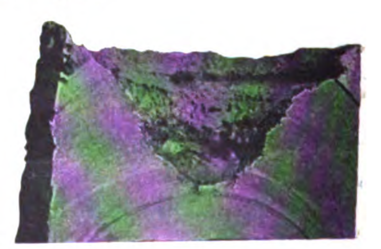


Fig. 16.

ungleichmäßigen Erstarrung eines Stahlblockes sind, werden durch dieses Verfahren keinesfalls vermindert. Der flüssig gehaltene Stahl im Kopfe des Blockes füllt wohl die weiter unten entstehenden Hohlräume aus, kann aber die Bildung der grob kristallinischen Stellen, welche gleichzeitig, wie gezeigt, feine Risse enthalten, und die Saigerung aus den oben geschilderten Gründen gewiß nicht verhindern.

Immerhin bedeuten diese Verfahren einen wesentlichen Fortschritt, namentlich in wirtschaftlicher Beziehung.

Eine ganze Anzahl anderer Erfindungen auf diesem Gebiete sind ohne größere Bedeutung und können hier übergangen werden. Sie liefern mit den obigen zusammen höchstens den Beweis, daß in den Kreisen der Stahlwerks-Ingenieure das lebhafte Bedürfnis mehr und mehr zu Tage tritt, die alte Methode aufzugeben, den erstarrenden Stahl sich selbst zu überlassen.

Einen vollständig von den bisher geschilderten Verfahren abweichenden Weg fand schon vor längeren Jahren der Engländer Whitworth.

Er setzte den noch zum großen Teil flüssigen Block einem hohen Drucke aus, offenbar ursprünglich in der Absicht, durch diesen auf das Ende des Blockes ausgeübten enormen Druck die sich bildenden Hohlräume in dem noch mindestens breiigen Stahl zusammenzudrücken.

Dieses Verfahren ist, in groben Zügen geschildert, etwa folgendes (Fig. 17): Die Coquille besteht aus geschmiedeten Bandagen, welche, mehrfach übereinander gelegt, einen aus einzelnen Stäben bestehenden Gußmantel umschließen.

Diese Gußstäbe, welche vom Boden bis zum Kopfe der Coquille reichen, haben eine gebrochene Außenkante, Fig. 17a, sodaß auf diese Weise Längskanäle entstehen, außerdem sind in gewissen Zwischenräumen Quernuten in die Stäbe gearbeitet, welche eine Verbindung zwischen dem Inneren der Coquille und den Längskanälen schaffen. Die zylindrische Gußform wird dann mit einer, 25 mm dicken, feuerfesten Masse ausgefüttert, das Ganze getrocknet und innen mit einem Teeranstrich versehen.

Diese Coquille steht auf einem Wagen, welcher nach erfolgtem Guß in die Presse gefahren wird. Alsdann wird der Wagen samt Coquille durch den von unten nach oben wirkenden hydraulischen Preßplunger gegen einen oberen Stempel gedrückt.

Stellt man sich den zwischen den beiden Druckkolben befindlichen Block wieder als die in Fig. 17b dargestellte Vase vor, so ist ohne weiteres klar, daß ein komprimierender Einfluß auf die mittleren Partien des Blockes nur solange ausgeübt werden kann, bis die Wand der Vase so stark ist, daß sie,



Whitworth-Presse.

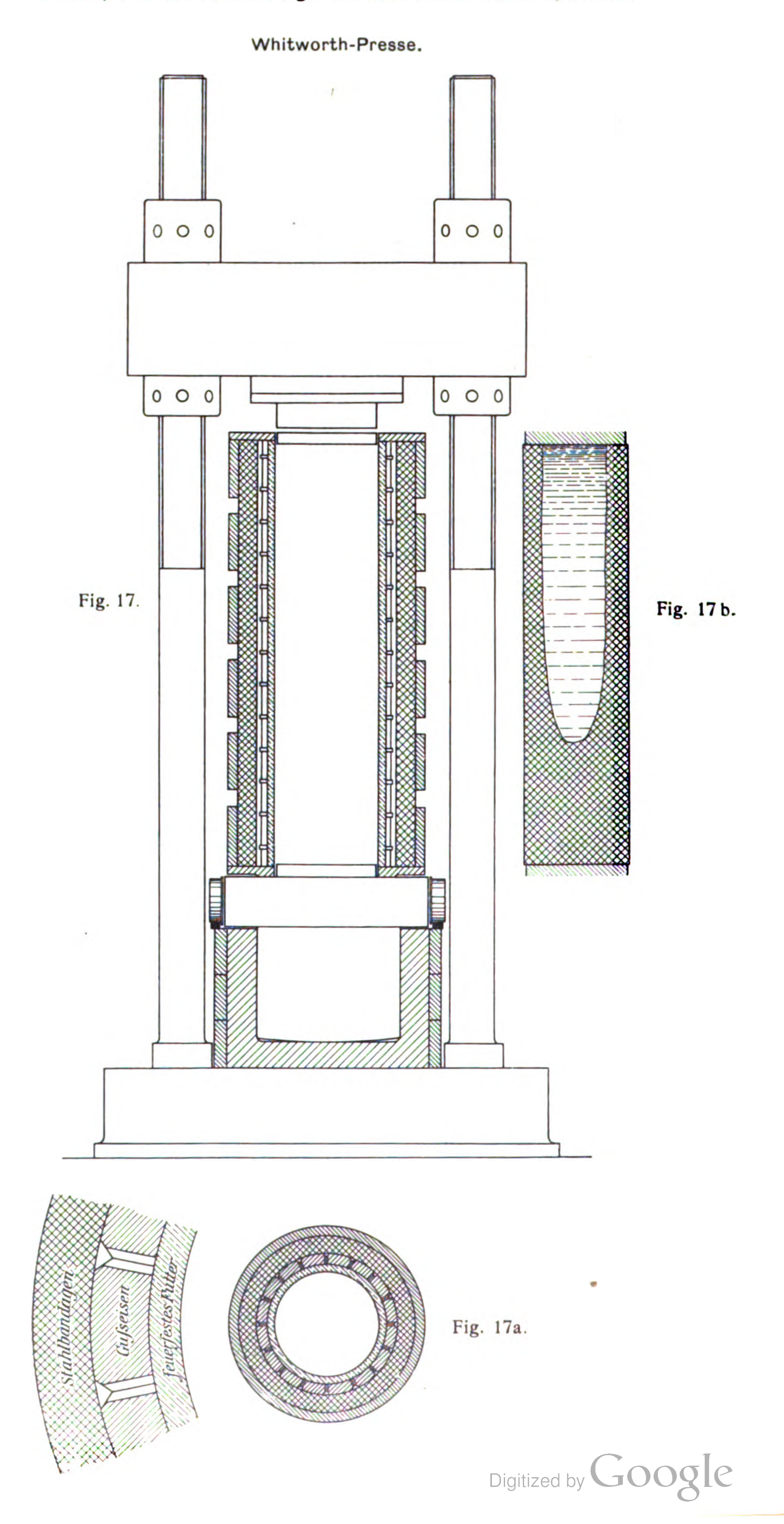


Fig. 17.

Fig. 17 b.

Fig. 17a.

wie eine hohle Säule wirkend, die Wirkung des Druckes stark behindert. Da aber auf den Mantel des Zylinders wirkende radiale Kräfte nicht vorhanden sind, so ist das Verhalten des zentralen Teiles des Blockes, der nun nicht mehr unter Druck steht, genau so, wie das eines sich selbst überlassenen erstarrenden Blockes. Man ist deshalb mit dem aufgewandten Drucke, soweit darüber überhaupt etwas bekannt geworden ist, schrittweise gestiegen. Während man früher mit 300 kg pro qcm Bodenfläche auszukommen glaubte, steigerte man später den Druck auf 900, dann auf 1800—2000 pro qcm und denkt neuerdings daran, noch weiter zu gehen. Es schließt dies dann aber die Anwendung des Verfahrens auf größere Blöcke aus, denn man würde z. B. bei einem Blocke von 1200 mm Durchmesser, der etwa 26000 kg wiegt, einen Druck von 24000 t brauchen.

Infolge dieses enormen Druckes stellen sich die Anschaffungskosten einer Presse nach dem Verfahren Whitworth in Verbindung mit den ebenfalls sehr kostspieligen Coquillen sehr hoch, sodaß nur vereinzelte große Werke in England, Belgien, Amerika, Rußland, welche sich besonders mit der Herstellung von Kriegsmaterial, Geschützen und Panzerplatten befassen, dasselbe anwenden.

Auf der Weltausstellung 1900 zu Paris trat dann der Chefingenieur der Acieries de Saint-Etienne, Harmet, mit seinem komprimierten Stahle an die Öffentlichkeit. Harmet war von dem Gedanken ausgegangen, nicht die im erstarrenden Stahle entstehenden Lunker durch äußeren Druck zusammenzudrücken, sondern durch einen von allen Seiten auf den flüssigen Stahl einwirkenden Druck überhaupt die Wirkung des Schrumpfes, d. i. die Bildung von Lunker und damit der Saigerung zu verhindern.

Diese Aufgabe hat Harmet in äußerst genialer Weise gelöst. (Fig. 18.)

Eine mit Stahlbandagen armierte Gußcoquille von konischer Form steht auf einem Wagen. Der bewegliche Boden der Coquille ragt mit einem starken Druckstücke unten durch den Wagen bis beinahe auf die Flur. Ist nun der flüssige Stahl in die Coquille gegossen, so wird dieselbe in eine Presse gefahren und nun durch einen, in dem unteren Pressenquerhaupt sitzenden Preßplunger der Boden der Coquille, welch letztere sich gegen das obere Pressenquerhaupt stützt, in die Höhe gedrückt. Der nunmehr langsam erstarrende Stahlblock wird also wie ein Keil in den Konus der Coquille hineingetrieben und auf diese Weise ein auf alle Flächen wirkender, enormer radialer Druck auf den Block ausgeübt.

Um ein Überquellen des flüssigen Stahles nach oben zu verhindern und

Harmet-Presse.

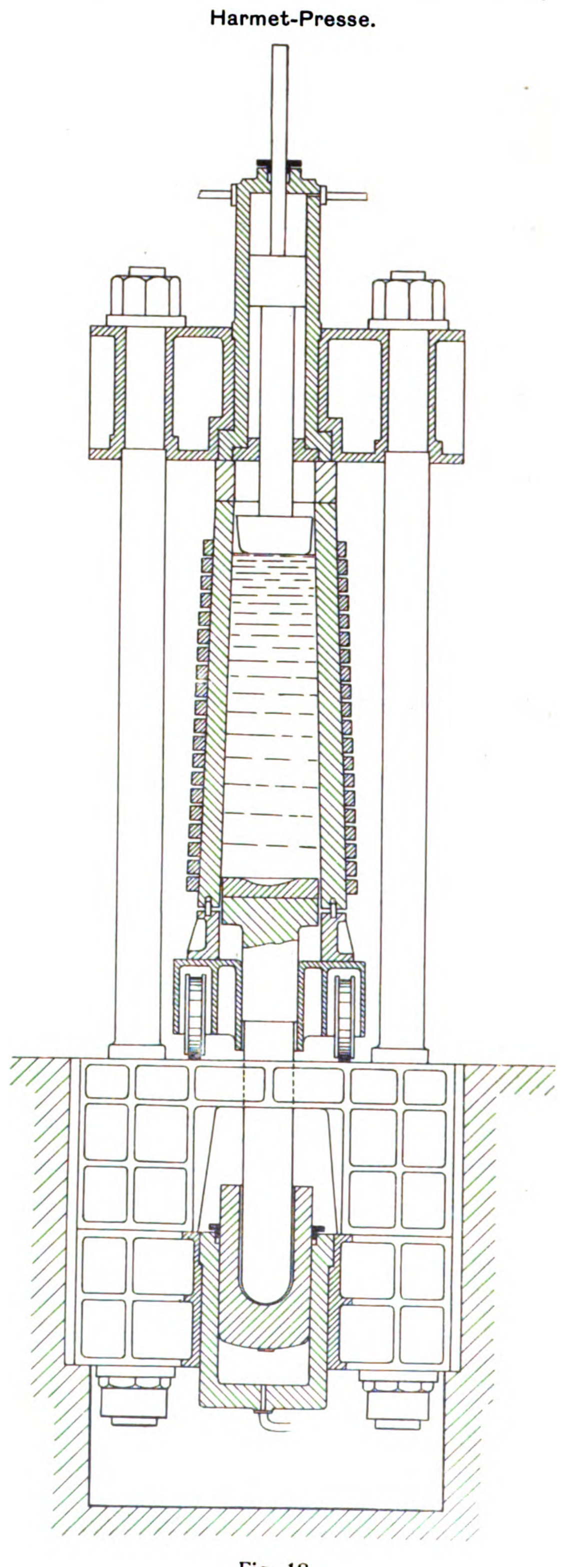


Fig. 18.

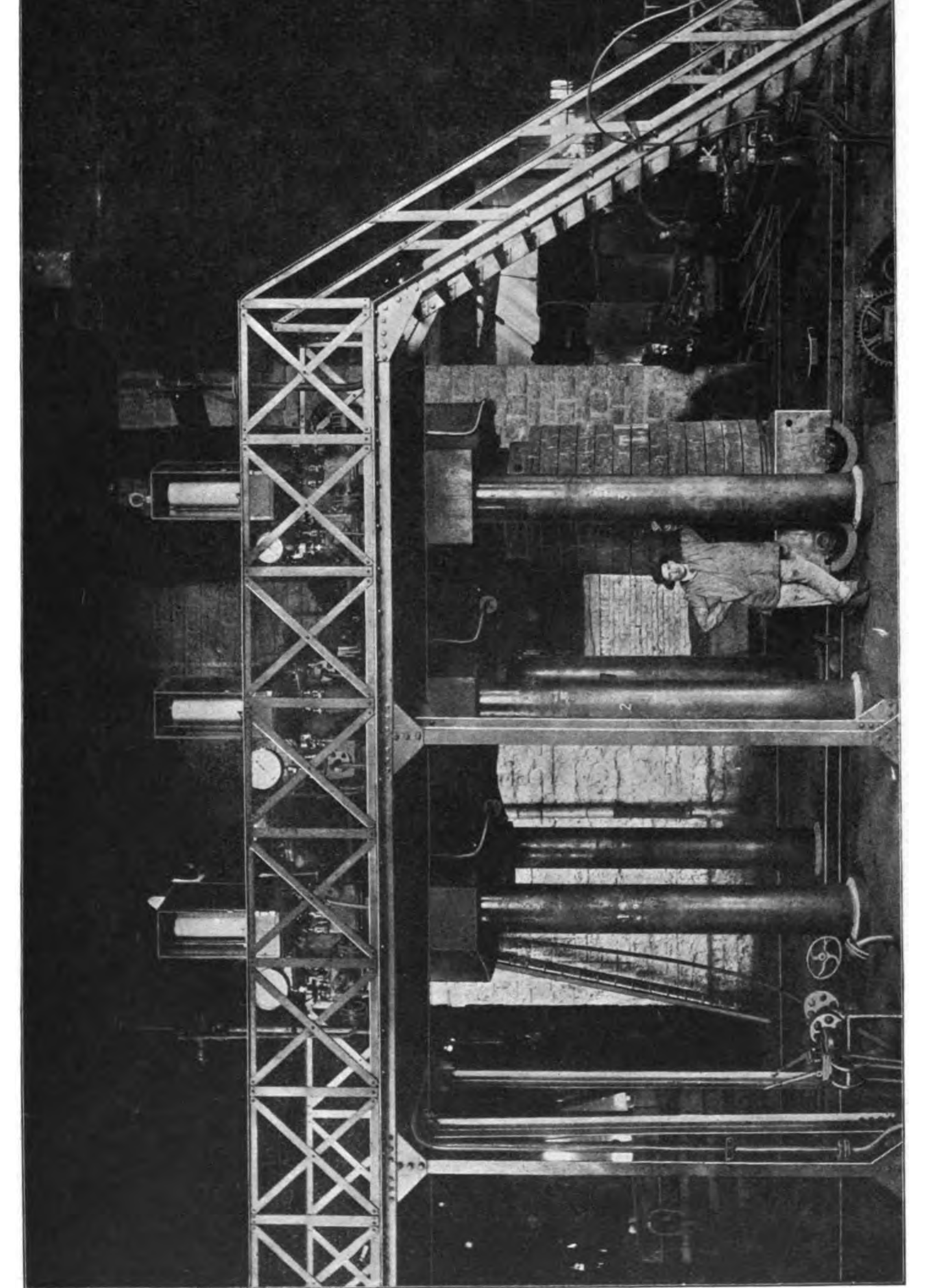


Fig. 19.

Harmet-Pressen (St.-Etienne).

Äußere Ansicht einer Harmet-Presse auf dem Oberbilker Stahlwerke.

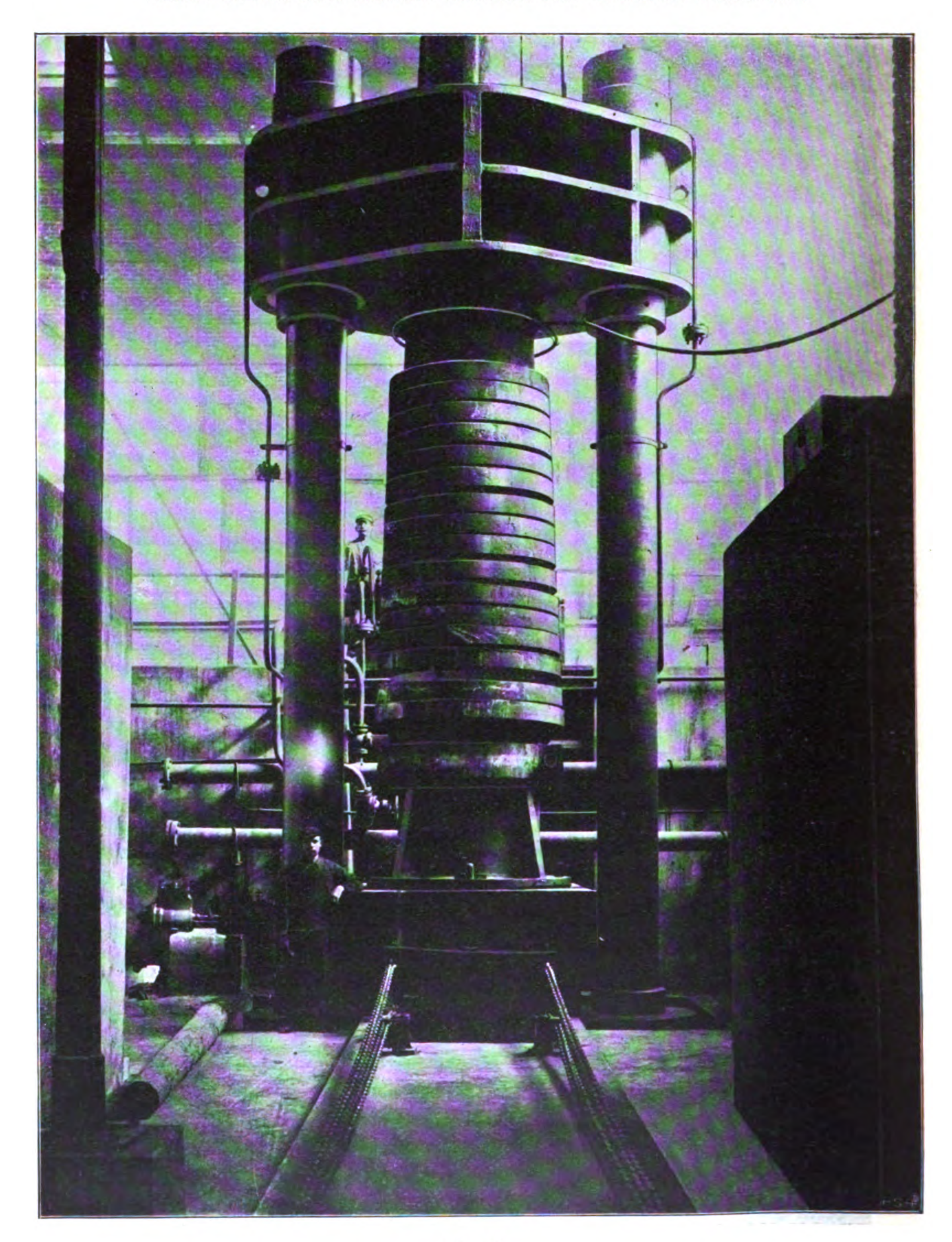


Fig. 20.

die obersten Partien des Blockes zu verdichten, wird auch von oben mit einem entsprechenden, geringeren Drucke auf den Kopf des Blockes gedrückt.

Dieser obere Druckplunger weicht mit dem gewaltsam in die obere Partie der Coquille getriebenen Blocke zurück. — Stellen wir uns hier wieder die Stahlvase vor, so wird der Unterschied zwischen der Wirkung der Whitworth-Pressung und der von Harmet sofort erklärlich. Der durch die Keilwirkung auf die Wandung der Vase ausgeübte, radiale Druck ist auf der ganzen Länge des Blockes der gleiche und kann leicht so bemessen werden, daß er den Schrumpf überwiegend, bis zur vollständigen Erstarrung des Blockes auch die in der Mittelachse sitzenden Moleküle gegeneinander preßt und somit jede Bildung eines Hohlraumes unmöglich macht. Es wird an dem flüssigen resp. breiigen Stahl gewissermaßen schon eine Schmiedearbeit verrichtet. Die praktische Erfahrung hat gezeigt, daß man mit einem Drucke von 300—350 kg auf den qcm Bodenfläche vollständig dichte Blöcke erzielt.

Ebenso werden durch das Verfahren Harmets die schädlichen Begleiterscheinungen beseitigt.

Wir haben anfangs erläutert, daß die grob krystallinischen Stellen mit den feinen Rissen, sowie die Saigerung auch eine Folge des Schrumpfes und der ungleichmäßigen Erstarrung der einzelnen Blockpartien sind. Will man also diese Erscheinungen verhindern oder wenigstens reduzieren, so muß man außer der Pressung eine möglichst rasche und gleichmäßige Erstarrung des Blockes anstreben.

Auch dies wird bei dem Verfahren Harmet im hohen Maße erreicht, und zwar folgendermaßen:

1. Die großen Abmessungen der Coquille bilden eine sehr stark abkühlende Masse, zumal kurz nach Beginn der Pressung die Coquille durch eine Wasserberieselung von außen kalt gehalten wird. 2. Der Block bleibt während der Pressung zum Unterschiede bei freier Abkühlung fortwährend in Berührung mit der abkühlenden Coquille. 3. Der Block rutscht mit seinem heißesten Ende in die oberen, noch nicht so erwärmten Teile der Coquille.

Es ist also hier genau das Gegenteil von dem angestrebt, was die weiter oben geschilderten Verfahren ohne Kompression wollen.

Die später folgenden Betriebsresultate werden zeigen, daß die Saigerungen tatsächlich so gut wie verschwunden sind.

Das Verfahren Harmet ist in Frankreich auf den Stahlwerken St. Etienne, die sich vornehmlich mit der Herstellung von Kriegsmaterial befassen, schon



Äußere Ansicht einer Harmet-Presse mit Steuerung und Hochdruckpumpe auf dem Oberbilker Stahlwerk.

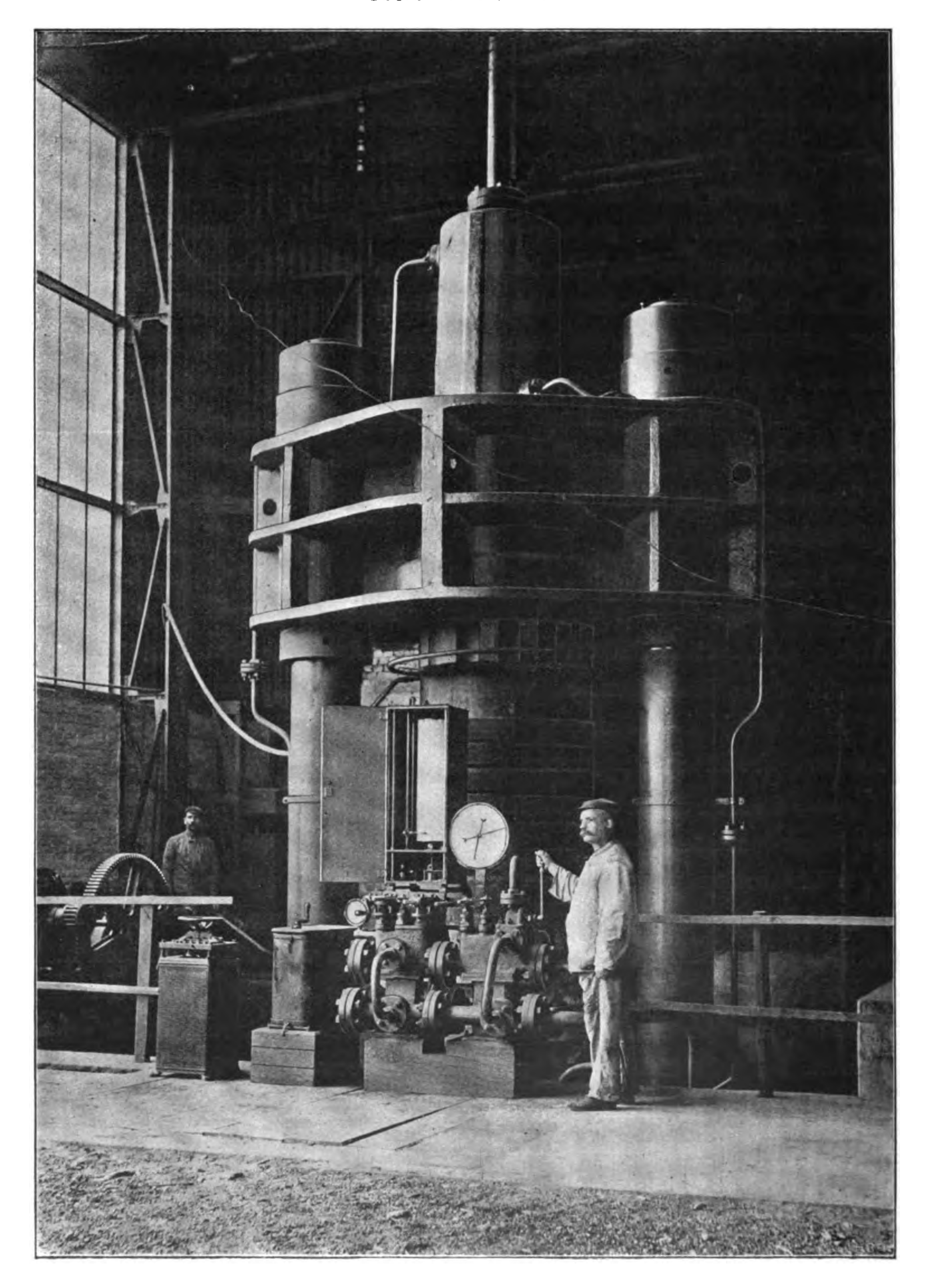


Fig. 21.

seit 1900 in ausgedehnter Anwendung und zwar für Blöcke bis 8000 kg. Fig. 19 zeigt die Anordnung von 3 Pressen für je einen 8000 kg Block.

Neuerdings haben mehrere englische Werke das Verfahren erworben.

Für Deutschland, ausgenommen die Firma Fried. Krupp, ist das Patent von dem Oberbilker Stahlwerk Düsseldorf erworben. Es befindet sich daselbst seit dem 1. Juli die bis dahin größte Komprimierpresse dieses Systems von 3500 t Druck in Betrieb, und zwar für Blöcke von 15 bis 25 000 kg Gewicht. Die Presse ist von der Firma L. W. Breuer, Schumacher & Co. in Kalk ausgeführt und funktionierte vom ersten Augenblicke an tadellos.

Die Figuren 20 und 21 zeigen die übrigens mit allen modernen Hilfsmitteln ausgestattete Anlage. Die Aufnahme 20 ist von der Stelle des Martinwerkes aus gemacht, wo die Coquille mit Stahl gefüllt wird.

Man sieht die Coquille auf dem Wagen in der Presse stehen. Der Hauptdruckzylinder mit dem unteren Querhaupte liegen für den Beschauer nicht sichtbar noch unter dem Gleiseniveau des Coquillenwagens, der mittels eines elektrischen Windewerkes hin- und hergefahren wird.

Oben sieht man das obere Querhaupt, gegen welches die Coquille gepreßt wird, mit dem darin eingebauten oberen Druckzylinder, welcher wie gesagt dazu bestimmt ist, ein Überquellen des Stahles zu verhindern, den Blockkopf zu verdichten und nach beendeter Pressung den Block aus der konischen Coquille herauszudrücken.

Unter dem Querhaupte hängt das Wasserrohr zum Berieseln der Coquille. Das andere Bild 21 zeigt eine Aufnahme von der Hüttensohle zunächst gegen die Steuerbühne. Links steht der Anlasser für die 450 Atm.-Hochdruckpumpe, dann folgt rechts der Anlasser für den Motor der elektrischen Wagenzugwinde, dann kommen die verschiedenen hydraulischen Steuerungsorgane. Darüber sieht man den Kontrollregistrierapparat. In diesem gleitet auf einer durch ein Uhrwerk bewegten Trommel ein Stift, der sich in dem gleichen Maße wie der Hauptdruckplunger hebt. Man hat nun aus einer größeren Reihe von Fällen eine Erfahrungskurve konstruiert, welcher Kurve der Stift folgen muß. Der Maschinist muß nun den Druck auf den flüssigen Stahl so regulieren, daß die Nadel genau der Kurve folgt. Er vermeidet damit einerseits ein Herausquellen nach oben, andererseits eine unvollkommene Pressung.

Da der Apparat für den Maschinisten unzugänglich ist, bildet das erhaltene Diagramm eine unbedingte Sicherheit dafür, daß der Preßprozeß in der vorgeschriebenen Weise vor sich gegangen ist.

Die Bedienung der Presse mit Pumpe usw. geschieht durch einen Maschi-



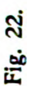


Fig. 22.

Äußere Ansicht eines flüssig gepreßten 16 t-Blockes.

Stahlblock aus der Oberbilker Presse.

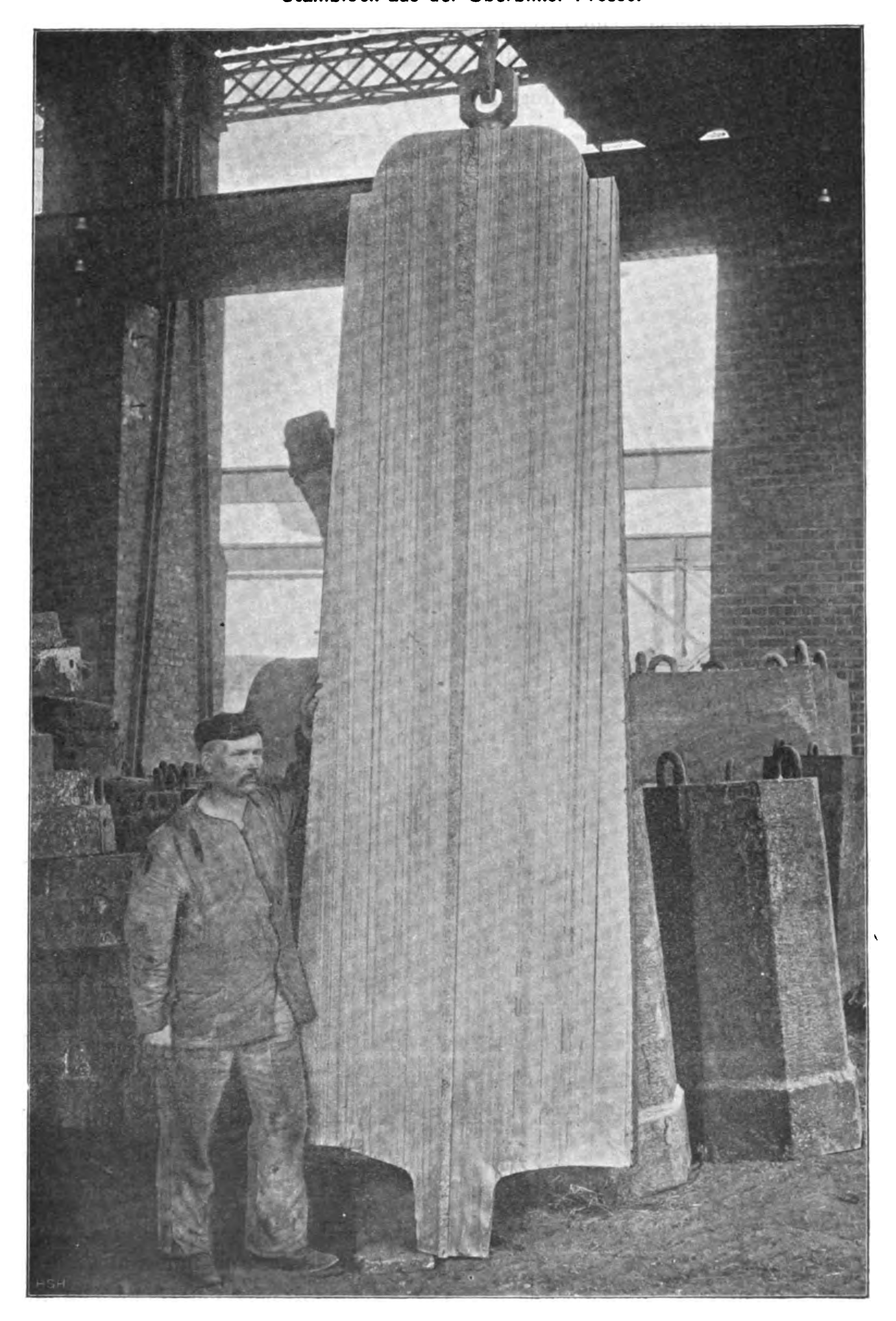


Fig. 23.

nisten und einen Hilfsarbeiter. Die Dauer einer Pressung richtet sich nach dem Gewichte des Blockes. Die Pressung eines 15000 kg-Blockes dauert zirka 5 Stunden. Der Block ist dann vollständig erstarrt und dunkelrot, und kann ohne weiteres in den nebenanliegenden Bau der Schmiedepresse in die Wärmöfen chargiert werden.

Der eigentliche Preßvorgang ist kurz folgender: Die mit Stahl gefüllte Coquille wird mittels der elektrischen Zugwinde unter die Presse gefahren und dort durch einen starken Bolzen fixiert. Dann wird sofort mit der Pressung begonnen und zwar zunächst mit dem Betriebsdruck der Werkshydraulik von 35 Atm. und später mit dem der Hochdruckpumpe, welcher, dem steigenden Widerstande entsprechend, bis 450 Atm. erhöht wird. Der Block wird in der ersten Stunde zirka 300 mm, in der zweiten zirka 100 und dann im ganzen noch zirka weitere 100 mm in den Konus hineingetrieben, sodaß ein Gesamthub von zirka 500 mm erreicht wird. Nach Verlauf der ersten 40 Minuten setzt man den oberen Kolben mit 35 Atm. auf den Blockkopf. Derselbe ist dann bereits soweit erstarrt, daß ein Eindringen des Kolbens in den breiigen Stahl nicht zu befürchten ist. Während der Pressung wird die Coquille andauernd mit Rieselwasser gekühlt. Ist die Pressung beendet, so wird mit Hilfe des oberen Kolbens, der, wenn notwendig auch mit 450 Atm. Druck arbeiten kann, der Block aus der Coquille herausgepreßt, was häufig mit einem kanonenschußähnlichen Getöse geschieht. Alsdann wird der Wagen unter der Presse fortgezogen und die Coquille und später der Block von demselben abgehoben.

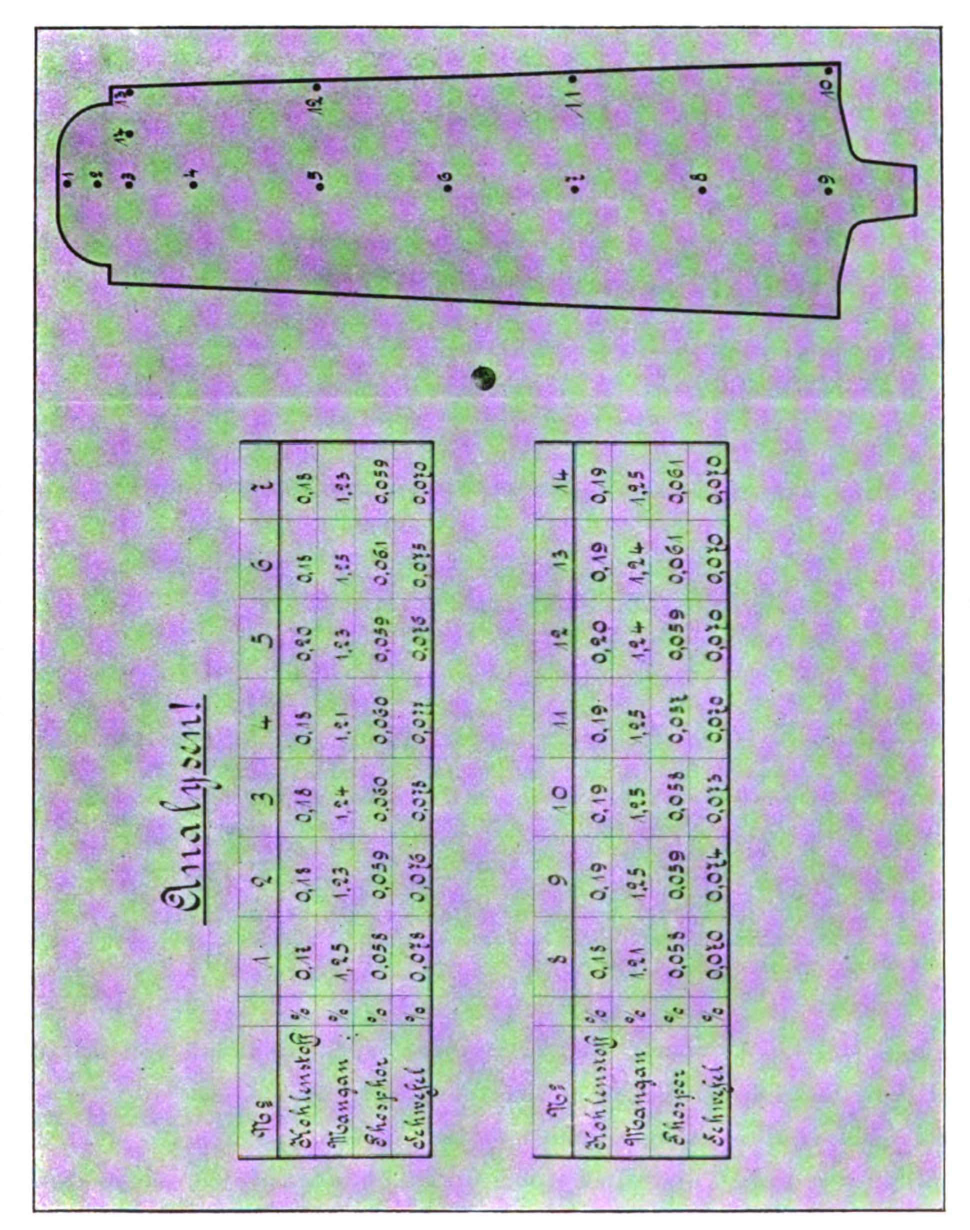
Der erste Block, welcher auf dem Oberbilker Stahlwerk gepreßt wurde, war aus der letzten Charge eines Martinofens gegossen, den man zur Vornahme dieses Versuches künstlich noch einige Tage in Betrieb gehalten hatte.

Die Qualität des Materials ist daher als solche nicht mustergiltig, zeigt aber die Wirkung der Pressung ganz ausgeprägt. Die Haube, die der Block an seinem oberen Ende bekommen hat (Fig. 23), und welche bei späteren Blöcken wegfällt, ist dadurch entstanden, daß man anfangs etwas zu stark preßte und den oberen Druckkolben etwa $^1/_2$ Stunde zu spät auf den Block aufsetzte.

Der erkaltete Block wurde, wie Fig. 23 zeigt, in der Mitte von zwei Seiten eingehobelt und dann durchgebrochen, um die Kristallisation an den verschiedenen Stellen beobachten zu können. Das Bild zeigt ein vollständig gleichmäßiges Korn, von irgend welchen losen Stellen, Rissen oder gar Lunkern ist keine Spur zu finden. Um festzustellen, ob innerhalb dieses Blockes irgendwie chemische Veränderung, Saigerung usw. vor sich gegangen



Zerreißproben und Analysen.



Analysen!

Nº		1	2	3	4	5	6	7
Kohlenstoff	%	0,17	0,18	0,18	0,18	0,20	0,18	0,18
Mangan	%	1,25	1,23	1,24	1,21	1,23	1,25	1,23
Phosphor	%	0,058	0,059	0,060	0,060	0,059	0,061	0,059
Schwefel	%	0,078	0,076	0,078	0,077	0,076	0,075	0,070

Nº		8	9	10	11	12	13	14
Kohlenstoff	%	0,18	0,19	0,19	0,19	0,20	0,19	0,19
Mangan	%	1,21	1,25	1,25	1,25	1,24	1,24	1,25
Phospor	%	0,058	0,059	0,058	0,057	0,059	0,061	0,061
Schwefel	%	0,070	0,074	0,073	0,070	0,070	0,070	0,070

Fig. 24.

ist, wurden an den aus Fig. 24 ersichtlichen 14 Stellungen Analysen entnommen. Dieselben ergaben die auf der Tabelle wiedergegebenen Resultate. Die Schwankungen der Zusammensetzungen sind so unbedeutend, daß dieselben ebensogut durch kleine Ungenauigkeiten im Laboratorium entstanden sein können.

Aus einem weiteren Blocke von 12 000 kg Gewicht wurden unter der Aufsicht der Herren Maschineninspektor Schulze vom Germanischen Lloyd,

Resultate der Probeanlagen.

Querproben.

No	1	2	3	4	5	6	7	8
Elast-Grenze.	33,1	35,1	29,3	31,2	31,5	30,6	30,2	30,6
Festigkeit.	47,8	47,6	46,8	46,9	46,8	46,9	47,4	47,8
Contraction.	42,2	51,3	49,6	43,8	50,3	36,0	36,8	51,0
Dehnung.	25,1	23,6	24,0	24,5	24,5	22,3	24,8	26,5

Längsproben

No	9	10	11	12	13	14
Elast-Grenze	32,2	29,5	32,2	28,3	30,6	30,5
Festigkeit	47,8	47,3	47,1	46,5	47,0	46,9
Contraction.	33,6	49,4	43,0	54,4	47,4	51,9
Dehnung.	25,0	24,6	22,8	27,5	25,0	21,7

Fig. 25.

Oberingenieur Kruft vom Bureau Veritas und Ingenieur Hauß vom Englischen Lloyd Zerreißstäbe entnommen, nachdem derselbe auf ca. die Hälfte des rohen Querschnittes ausgeschmiedet war. Diese aus Fig. 25 ersichtlichen Resultate der Lang- und Querproben ergaben ebenso wie obige Analysen den Beweis für die vollständige Gleichmäßigkeit des flüssig gepreßten Stahlblockes.

Ferner sieht man aus den mikroskopischen Vergrößerungen der Stahlschliffe eines anderen komprimierten Blockes (Fig. 26), daß das Material ein dichtes, gleichmäßiges Gefüge ohne jegliche Risse hat.



Schliffe eines gepreßten Blockes.

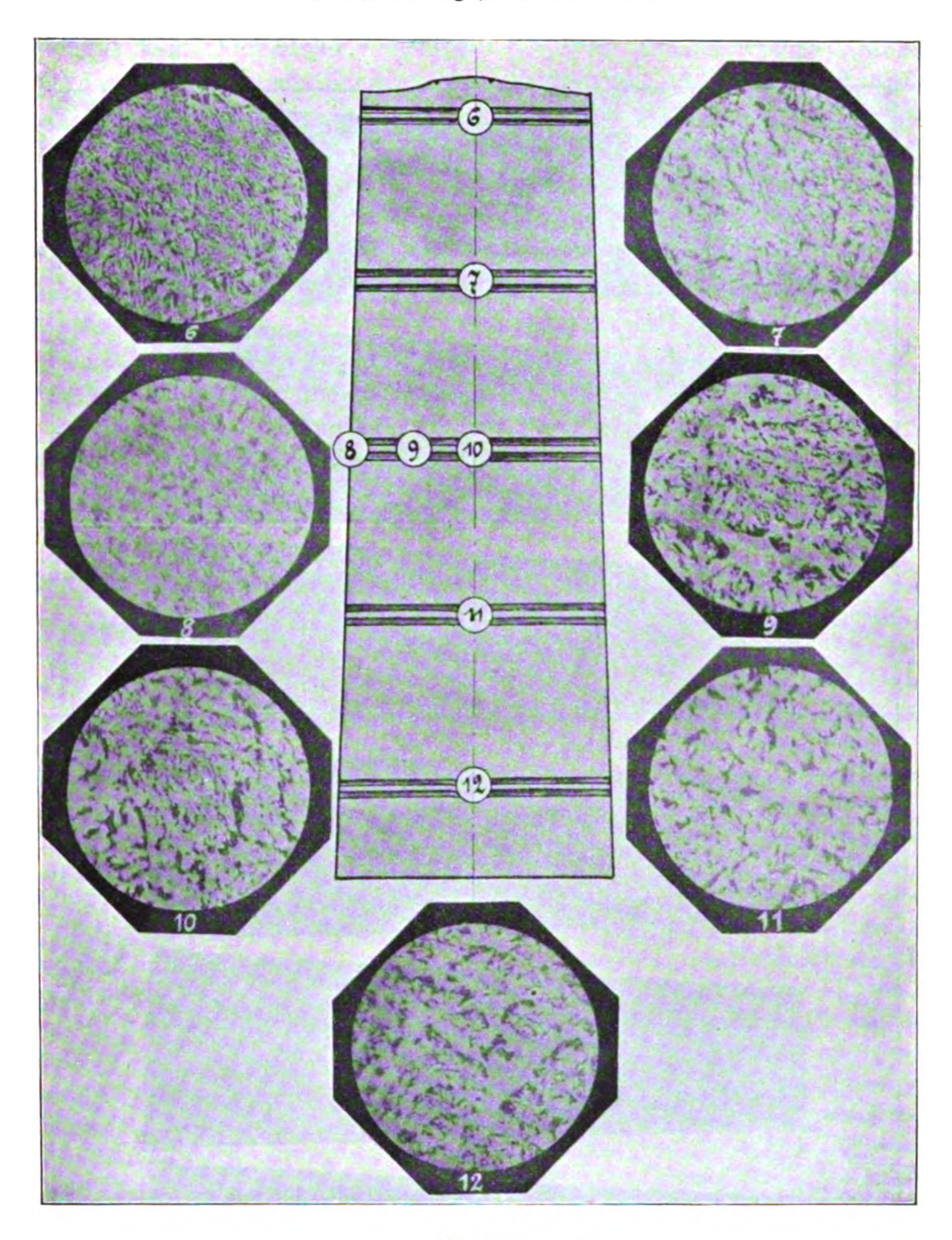


Fig. 26.

Die Tatsache, daß die Erstarrung des unter Druck befindlichen Blockes auf der ganzen Länge eine fast gleichmäßige ist, wird durch Fig. 27 illustriert, welche durchschnittene Blöcke zeigt, bei welchen die Komprimierung absichtlich vorzeitig abgebrochen wurde. Das zuletzt erstarrende Teilchen sitzt, wie man sieht, garnicht im oberen, sondern an einer ganz

Durchschnittene Stahlblöcke in verschiedenen Stadien der Pressung.

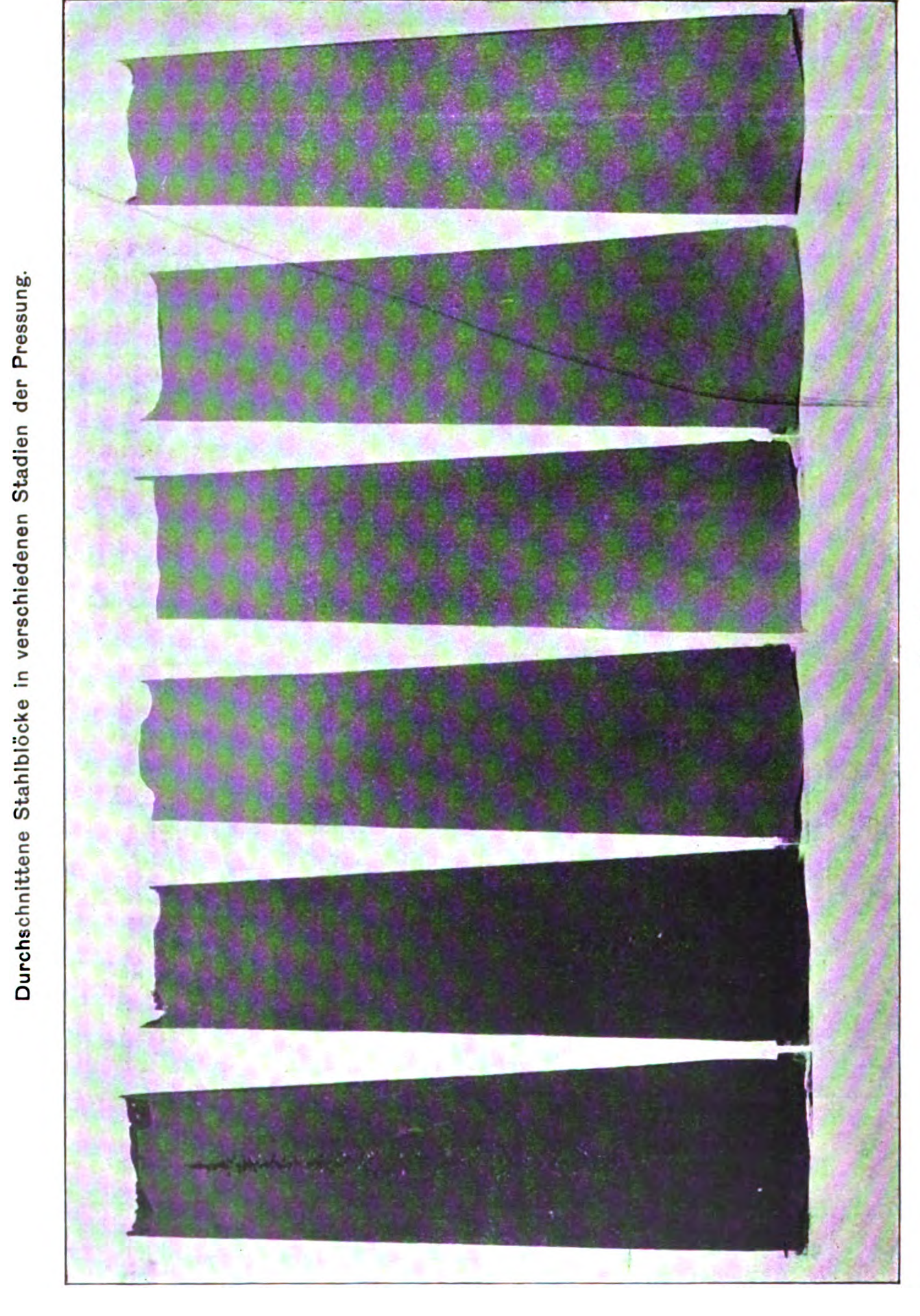


Fig. 27.

willkürlichen Stelle in der Mittelachse des Blockes, sodaß von einem „schlechten Kopf“ überhaupt nicht mehr die Rede sein kann.

Es ist also mit dem Harmetschen Verfahren, und bis heute nur mit demselben, beinahe vollkommen das angestrebte Ziel erreicht, dem Stahle während seines Überganges von dem flüssigen in den festen Zustand die ursprüngliche Gleichmäßigkeit sowohl inbezug auf das Gefüge, wie auf die chemische Zusammensetzung zu bewahren, und einen Stahlblock zu liefern, welcher infolgedessen zur Herstellung von Wellen die denkbar größte Sicherheit bietet.

Diskussion.

Herr Ingenieur Riemer-Düsseldorf:

Wie Sie aus den Mitteilungen des Herrn Vortragenden gesehen haben, sind wir Konkurrenten, und da ist es wohl leicht erklärlich, daß wir nicht überall einer Meinung sind. Ich bin nun heute, da mir der Vortrag des Herrn Wiecke erst auf der Reise hierher zugegangen ist, nicht in der Lage, alle Punkte, in denen ich nicht gleicher Meinung mit dem Vortragenden bin, zu berühren, ich möchte mich auf den Punkt beschränken, welcher nach meiner Ansicht der Kernpunkt der ganzen Frage ist, das ist die Saigerung. Unter Saigerung versteht man eine Entmischung in Körpern, die aus verschiedenen Stoffen zusammengesetzt sind. Das trifft beim Stahlblocke zu. Der Stahlblock ist eine Mischung der verschiedenen Eisenlegierungen, und zwar von reinem Eisen, von Eisen mit Kohle in verschiedenen Zusammensetzungen, d. h. mit mehr oder weniger Kohle, ferner von Eisen mit Schwefel mit Phosphor, mit Mangan, Silicium etc. Alle diese Verbindungen haben einen andern Schmelzpunkt wie das Eisen und sind in sich im Schmelzpunkte verschieden, sie werden also auch zu verschiedenen Zeiten erstarren. Dadurch wird bewirkt, daß die reineren Teile und diejenigen Teile, die weniger Kohlenstoff haben, im gegossenen Stahlblocke zuerst erstarren —, und zwar beginnt diese Erstarrung an der Stelle, wo die Gelegenheit zur Abkühlung am größten ist, — sodaß die Teile, die niedrigere Schmelzpunkte haben, später erstarren. Das sind in der Hauptsache diejenigen Teile, die schädlich wirken, besonders die Verbindungen von Eisen mit Schwefel und Eisen mit Phosphor, die später erstarren und einen verhältnismäßig größeren Grad von Flüssigkeit haben werden. Beim Fortgange der Abkühlung findet nun ein Zusammenziehen der äußerlich schon erstarrten Hülle statt. Diese drängt also die inneren Teile, welche teilweise erstarrt sind, die also gewissermaßen aus Gerinseln von Eisenflocken bestehen, zusammen und drückt die am meisten flüssigen Teile bei der Zusammenpressung heraus und drängt sie gegen den Lunker hin. Das ist eine altbekannte Tatsache, und sie erklärt es auch, weshalb in der Nähe des Lunkers die schädlichen Bestandteile sich anhäufen. Bei meinem Verfahren ist diese Erscheinung ebenfalls beobachtet und bestätigt worden, und es hat sich gefunden, daß in der unmittelbaren Nähe des Lunkers eine bedeutende Anreicherung an Schwefel, an Phosphor stattfindet. Das Material unmittelbar am Lunker ist deshalb minderwertig. Ebenso ist die Erscheinung aber auch beobachtet worden bei den gewöhnlichen Blöcken, von denen Herr Wiecke ja vorhin



Beispiele gegeben hat, wie deren Lunker beschaffen ist. Aber in der Regel findet die Anhäufung dieser Verunreinigungen nur in unmittelbarer Nähe des Lunkers statt. Aus den Versuchen, die ich im vorigen Jahre in „Stahl und Eisen“, und ebenda auch im Frühjahr dieses Jahres veröffentlicht habe, geht hervor, daß bei meinem Verfahren diese Verunreinigungen bis zur Tiefe von nur 100 mm unterhalb des Lunkers reichen und zwar bei großen Blöcken von 20 Tonnen und mehr. Wenn man also diese Teile beim Schmieden wegschneidet — und der Schmied kann ja nicht den Block bis zum äußersten Ende ausnutzen; er muß es so einrichten, daß er bei der Materialabmessung unter allen Umständen auskommt — dann erhält man ein Schmiedestück, welches frei ist von diesen schädlichen Bestandteilen.

Wenn diese Frage der Saigerung sich so verhält, wie ich sie auffasse, — gewöhnlich wird sie als die Folge einer rein chemischen Wanderung aufgefaßt, man nimmt also dann an, daß die Moleküle eines Elementes an den Molekülen des anderen von Molekül zu Molekül weiterwandern. — Ich bin dagegen überzeugt, daß neben dieser chemischen Wanderung auch eine mechanische Wanderung stattfindet, wie ich sie eben geschildert habe. — Wenn also diese Auffassung der Saigerung richtig ist, dann sehe ich nicht ein, weshalb beim Pressen des Blockes der Vorgang der Saigerung eine Änderung erfahren soll? Es ist für die chemische Wanderung zunächst einmal vollständig gleichgültig — und ich glaube, das leuchtet sofort ein — ob ein Block unter Druck steht oder nicht; der Fortgang der Wanderung wird dadurch nicht im mindesten beeinflußt. Aber es scheint mir auch, daß der Fortgang der mechanischen Wanderung, wie ich sie eben geschildert habe, beim Drücken nicht beeinflußt werden kann. Ich denke mir da den Vorgang genau so, als wenn man einen Schwamm auspreßt: dann müssen die flüssigen Bestandteile eben dorthin gehen, wo sie einen Ausweg finden, und das ist auch beim Harmet-Verfahren derjenige Teil des Blockes, wo der Lunker entstehen würde, weil beim Harmet-Verfahren der Druck auf den oberen Teil des Blocks erst ziemlich spät ausgeführt wird, wenn ich nicht irre, erst nach 40 Minuten. Dann müßten meines Erachtens beim Harmet-Block die ganzen Verunreinigungen ebenfalls an der Stelle des Lunkers angekommen und es müßte eine Wanderung stattgefunden haben. Die Versuche, die hier vorgelegt waren, haben ja allerdings das Gegenteil gezeigt, aber Folgerungen würde man doch erst aus einer größeren Versuchsreihe ziehen können. Auch habe ich mich gewundert, daß die Beispiele, die der Vorredner angeführt hat, sich nicht mit dem decken, was in dem zur Versendung gelangten Abdruck des Vortrages angegeben ist. Sie haben hier Differenzen bei den Querproben in der Dehnung von 5,5 bis 21,9%, Sie haben Differenzen in der Festigkeit von 40,7 bis 47,1 kg und auch bei den Längsproben an einer Stelle Differenzen in der Dehnung von 1,5 bis 18,5. Ich meine, das ist doch kein Beweis für die erzielte absolute Gleichmäßigkeit. Ich habe allerdings nur den Vortrag, der verschickt worden ist, zur Unterlage meiner Beurteilung benutzen können; den andern habe ich erst bei meinem Eintritt hier vorgefunden und noch nicht studieren können. Ich möchte daher den Herrn Vortragenden bitten, diese Differenzen aufzuklären. Jedenfalls wird aber von dem Moment an, wo festgestellt wird, daß die Saigerung beim Pressen der Blöcke genau so stattfindet, wie beim gewöhnlichen Blocke, der nicht gepreßt wird, die ganze Frage eine rein wirtschaftliche Frage, und dann kommt es eben sehr darauf an, festzustellen, wo der wirtschaftliche Vorteil liegt. Die wirtschaftliche Frage ist eine eng umrissene. Herr Wiecke hat eben selbst festgestellt, daß man bei einem Blocke, der keinerlei Behandlung beim Erstarren unterzogen worden ist, damit rechnen muß, daß 30 bis 40% am oberen Ende unbrauchbares, schlechtes Material ist. Das deckt sich mit einer alten Erfahrung, die in guten, soliden Schmieden stets beobachtet worden ist in der Weise, daß man diese oberen Teile des Blocks ohne Weiteres bei der Fabrikation verloren gegeben hat und daß man nur die unteren zwei Drittel verarbeitet. Wenn man daran festhält, dann ist mit dem Verfahren ohne Pressung und ohne jede Verbesserung des gewöhnlichen Gießverfahrens ein Verlust

verknüpft, der ein Drittel des ganzen Materials, das in die Fabrikation eingebracht wird, aus Blockmaterial in Schrott verwandelt. Unter gewöhnlichen Verhältnissen ist die Differenz des Wertes zwischen Blockmaterial und Schrott pro Tonne aber 30 M. Wenn man nun von dem eingebrachten Material ein Drittel verliert, so macht das auf den Blockpreis einen Verlust von 10 M. auf die Tonne. Das wäre also das Maximum, was man mit irgend einem Verbesserungsverfahren verdienen könnte. Wenn das Verbesserungsverfahren nicht sonst große, technische Vorteile hat, würde diese Geldfrage meines Erachtens ausschlaggebend sein. Ich bin nun nicht zuverlässig unterrichtet, was das Harmet-Verfahren im Betriebe kostet und würde Herrn Wiecke dankbar sein, wenn er uns darüber nachher noch Mitteilung machen wollte. Meines Wissens kostet eine derartige Preßanlage über 300000 M. Eine solche Einrichtung, von der man nicht weiß, ob sie nicht in wenigen Jahren schon von etwas Besserem, durch eine neue Erfindung überholt wird, muß man reichlich amortisieren und verzinsen. Wenn ich annehme, daß man mit 10% amortisiert, würde man in 10 Jahren die Anlage amortisiert haben, und wenn man sie mit 4% verzinst, dann würde man für eine einfache derartige Anlage jährlich 40000 M. an Amortisation und Zinsen aufbringen müssen, und wenn man 10000 t Blöcke damit bearbeitet — das ist schon eine sehr anständige Schmiedeproduktion — dann macht das auf die Tonne allein eine Amortisation und Verzinsung von 4 M. Wenn ich noch für Coquillenersatz und Verschleiß, Betriebskosten, Löhne etc. 2 M. rechne, dann sind es schon 6 M. Nun verlangt Herr Harmet, wie ich gehört habe — ich weiß nicht, ob es richtig ist; ich bitte Herrn Wiecke, das zu berichtigen, wenn ich mich irre — 10 M. Abgabe. Dann würde das Verfahren 16 M. auf die Tonne kosten, sodaß also ein wirtschaftlicher Vorteil dabei nicht herausschauen würde.

Dann bitte ich den Herrn Vortragenden noch über eine andere Frage Auskunft zu geben. Die meisten Schmieden müssen mit großen Martinöfen arbeiten, weil sie mit ziemlich großen Blöcken zu rechnen haben, also große Chargen gebrauchen, Chargen von 30 Tonnen sind heute schon sehr gebräuchlich. Dagegen ist ein Block von 15 Tonnen sehr häufig vorkommend, weshalb man sehr oft aus einer 30 Tonnen-Charge zwei Blöcke von 15 Tonnen gießt.

Was macht man mit dem zweiten Block, wenn der erste in der Harmet-Presse sitzt und diese 4—5 Stunden einfach festliegt, wie behandelt man den zweiten Block? Ich will Sie nicht weiter aufhalten, ich behalte mir vor, auf Einzelheiten an anderer Stelle zurückzukommen, weil ich nicht genügend vorbereitet bin. Ich bitte aber Herrn Wiecke, besonders sich noch über die wirtschaftliche Seite der Frage zu äußern.

Herr Fabrikdirektor A. Wiecke-Düsseldorf (Schlußwort):

Ich habe zunächst die Differenz zwischen dem ersten und zweiten Abdruck hier festzustellen. Wir sind auf dem Oberbilker Stahlwerk momentan damit beschäftigt, eingehende Versuche zu machen, über die Dauer der Pressung, und das ist sehr schwierig, weil das Durchschneiden und Untersuchen dieser Blöcke sehr viel Zeit und Geld kostet. Infolgedessen haben wir eine ganze Reihe von Aufnahmen, die eigentlich für die Öffentlichkeit nicht bestimmt sind. Durch eine unglückliche Verwechslung der Klichees sind hier in diesem Aufsatze Tabellen hineingekommen, die einem nicht vollständig gepreßten Blocke entnommen sind. Die Versuche, welche wir später an mit reichlicher Zeitbemessung gepreßten Blöcken gemacht haben, haben eine Gleichmäßigkeit ergeben, und ich stelle unsere Einrichtungen jeder Behörde und jedem zur Verfügung, um Untersuchungen bei uns vorzunehmen.

Was nun die Saigerung anbetrifft, so schließe ich mich der Ansicht des Herrn Riemer vollständig an, aber ich bemerke, daß ja gerade hier bei unserem Verfahren deshalb die Saigerungen nicht in Frage kommen, weil wir den Block mit großer Geschwindigkeit abkühlen. Es kann nur dann von Saigerungen die Rede sein, wenn der Block zum Teil flüssig



und zum Teil fest ist, und je länger dieses Übergangsstadium vorhanden ist, desto ausgeprägter ist auch nach der Ansicht des Herrn Riemer selbstverständlich die Saigerung. Wenn wir also dieses Übergangsstadium nach Möglichkeit abkürzen, indem wir die Coquillen abkühlen, indem wir den Block in der kalten Coquille fortwährend in die Höhe drücken und ihn damit in Berührung halten, so ist damit gegeben, daß die Saigerung nicht so ausgeprägt ist, sondern, wie sie ja gesehen haben, beinahe vollständig verschwindet.

Was die Wirtschaftlichkeit anbetrifft, meine Herren, so muß ich Ihnen ganz offen gestehen, halte ich dieses Forum hier nicht für das richtige, um mich darauf einzulassen. Ich habe es hier mit den Schiffswellen zu tun. Was uns unsere Stahlpresse kostet, das ist ja lediglich unsere Sache. Wenn ich den Herren die Schiffswellen zu einem annehmbaren Preise offeriere, dann ist das jedenfalls alles, was Sie von mir verlangen können. Also ich möchte bitten, mir heute die Beantwortung dieser Frage zu erlassen, stehe aber selbstverständlich Herrn Riemer jederzeit zur Beantwortung dieser Frage, soweit ich sie für die Interessen des Oberbilker Stahlwerks für angebracht erachte, zur Verfügung.

Im übrigen, meine Herren, ist es hier wie überall: das Bessere ist des Guten Feind. (Lebhafter Beifall).

Der Ehrenvorsitzende, Seine Königliche Hoheit der Großherzog von Oldenburg:

Meine Herren, wir sind Herrn Direktor Wiecke für seinen Vortrag zu größtem Danke verpflichtet, denn der von ihm behandelte Gegenstand ist für den Schiffbauer wie für den Reeder von gleich großer Wichtigkeit.

Beiträge.

XVII. Studien über submarine und Rostschutz-Farben.

Von ***M. Ragg*** *- Wien.*

Es ist eine nicht zu leugnende Tatsache, daß bei der Deutung einfacher und leicht verständlicher Erscheinungen mitunter das Naheliegende von der Hand gewiesen wird, wogegen unglaubliche, oft bei den Haaren herbeigezogene Erklärungsversuche Anhang und Verteidiger finden — vielleicht eben infolge ihrer Absurdität. — Auf unbebautem Felde wächst Unkraut, und es kann daher nicht Wunder nehmen, daß auch im Gebiete der submarinen Farben, welches bislang einer wissenschaftlichen Forschung ziemlich verschlossen blieb, derlei absurde Behauptungen wuchern: Behauptungen, welche ganz darnach angetan sind, die Ansicht der interessierten maritimen Kreise über Schiffsbodenfarben im allgemeinen und über deren Wirksamkeit im besonderen auf falsche Bahnen zu lenken. Aber nicht genug an dem, ist eine Reihe wichtiger Fragen von fundamentaler Bedeutung, ohne deren Beantwortung überhaupt ein näheres Eingehen in das Gebiet der submarinen Farben undenkbar ist, immer noch in mystisches Dunkel gehüllt. —

Nun wird wohl jeder Angehörige der Kriegs- und Handelsmarine mit mir darin übereinstimmen, daß schon vom rein praktischen Standpunkte aus eine Beleuchtung der vielen dunklen Stellen dieses Gebietes sehr von Nöten wäre, und ich habe mich daher in Erkenntnis des Umstandes, daß man dem Schutze des Unterwasserschiffes gegen Rost- und Organismenansatz — gegen diese zwei Momente haben ja die submarinen Farben vor allem zu wirken — sowohl aus Rücksichten der Kriegstauglichkeit bei der Kriegsflotte, als auch aus Rücksichten der Ersparnis, der Geschwindigkeit usw. nicht genug Sorgfalt zuwenden kann, daran gemacht, vorderhand wenigstens die wichtigsten der noch offenen Fragen zusammenzustellen und, soweit dies in meinen Kräften stand, zu beantworten. —



Eine Reihe anderer, noch der Aufklärung bedürftiger Punkte, die in dieser Studie keine Berücksichtigung erfuhr, mag einer späteren Arbeit vorbehalten bleiben.

I.

Oft und verschiedenen Ortes*) wurde die Behauptung aufgestellt, die in submarinen Farben enthaltenen Gifte, welche bekanntlich den Ansatz von Tieren und Pflanzen vom Schiffsboden fernehalten und damit die Vergrößerung der Reibung, des Widerstandes im Wasser, des Kohlenverbrauches, verhindern sollen, seien überhaupt wirkungs- und wertlos (vergl. meine Abhandlung „Die Schiffsbodenfarben“ S. 38 ff.). Anderen hingegen, und es gehören hierher die bedeutendsten Fachmänner des Gebietes, wie A. C. und M. Holzapfel, halten nach wie vor daran fest, daß Gifte in submarinen Farben auch tatsächlich jene Wirkungen ausüben, die man ihnen bisher zuschrieb. Mag man nun wohl den Kopf darüber schütteln, warum denn um

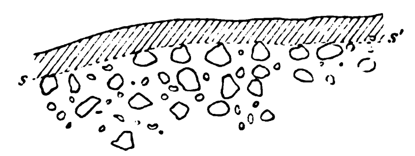


Fig. 1.

alles in der Welt auf einmal Körper, die im allgemeinen als sehr scharfe Gifte gegen jedes Lebewesen bekannt sind, wie z. B. Quecksilber- oder Kupferverbindungen, auf die zarten Embrionen der Ansatzfauna und Flora nicht wirken sollen, die Ansicht ist einmal da und beginnt selbst in Kreisen, die sonst ernst zu nehmen sind, Fuß zu fassen, so daß es sehr nötig erscheint, der Frage „Sind Gifte in submarinen Farben überhaupt von Wirksamkeit?“ etwas näher zu rücken.

Ganz ohne Erklärungsversuch lassen uns die Anhänger von der Lehre der Ungiftigkeit der Gifte in Unterwasserfarben wohl nicht, und ist der Hauptgrund, welcher gegen die Wirkung der Toxika ins Feld geführt wird, der, daß die Giftpartikelchen, in der Farbengrundmasse eingebettet, von ihr vollständig eingehüllt und daher unwirksam sind.**)

Die Farbenoberfläche ist dabei so gedacht, wie sie Fig. 1 wiedergibt, und wobei eine Grundsubstanz oder Bindemittelschicht SS^1 die Giftkörperchen

*) Schröder, Sokolow, Schlick, Vivien B. Lewis, Rudloff usw.

**) Vergl. G. M. B. R. Rudloff, Jahrbuch der Schiffbautechn. Gesellschaft, V. Band, S. 410.

vor der Einwirkung des Wassers und der Ausübung ihrer toxischen Eigenschaften bewahrt. Setzt sich nun irgend ein Organismus an die Anstrichoberfläche, so ist es beiläufig dasselbe, „als würde man sich auf einen mit Cyankali gefüllten Sack setzen“, d. h. die Wirkung ist gleich Null. Gleich zu Anfang sei bemerkt, daß die Hypothese von der einhüllenden Schicht bei allen submarinen Farben, bei welchen auch der Grundsubstanz toxische Eigenschaften zukommen, bei welchen ungelöste Gifte, z. B. Cu_2O oder $HgCl_2$ in giftigen Bindemitteln, z. B. Kupferresinat eingebettet sind, selbstverständlich ebenso haltlos ist, als bestünde der obenerwähnte, „mit Cyankali gefüllte Sack“ aus frischen Brennesseln. Allerdings ist es richtig, daß bei einem frischen Anstriche sämtliche inkorporierten Partikelchen nahe der Oberfläche von einer dünnen Farbhaut überzogen sind, die ihre Ursache in Kapillaritätserscheinungen hat, jedoch kann es nur ganz kurze Zeit dauern und die dünne Kapillarmembran wird durch die Reibung zwischen bewegter Anstrichoberfläche des fahrenden Schiffes und Seewasser abgeschliffen sein*), neue

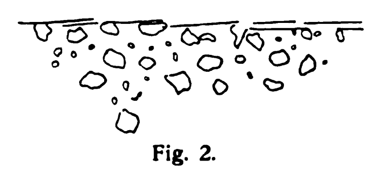


Fig. 2.

Querschnitte entstehen und die ursprünglich eingehüllten wirksamen Giftteilchen kommen in direkte Berührung mit dem Wasser und dem Organismus der es versucht, sich an der Farboberfläche anzusetzen. Nun wird wohl niemand behaupten, daß die vom Wasser bloßgelegten Querschnitte etwa den Giftteilchen ausweichen. Ist also einmal die Kapillärmembran, deren Stärke in erster Linie von der Konsistenz der Anstrichfarbe abhängt, abgeschliffen, von der Osmose durch die nie ganz wasserdurchlässige Membran abgesehen, dann muß die Farboberfläche das in Fig. 2 dargestellte Aussehen zeigen, und der Vergleich mit dem Cyankalisacke steht auf sehr schwachen Füssen.

Es sei mir erlaubt an dieser Stelle anzuführen, was A. C. Holzapfel über die Wirkungsweise der submarinen Farben sagt:**) „The principal difficulties

*) Dieses Kapillarhäutchen ist die Ursache, warum es schwieriger ist, lange ruhig vor Anker liegende Schiffe, Bojen, verankerte Platten usw., bei welchen die abschleifende Wirkung der See weitaus geringer ist als beim fahrenden Schiffe, erfolgreich gegen Ansatz zu schützen.

**) Shipping World VIII. 1891.

under which antifouling compositions labour are these. While a steamer moves through the water the paint wears off more quickly than when she is in port; and the poisons, or antifouling ingredients contained in it, exhaust themselves more rapidly than they do it in port; when therefore, a vessel has been in port for a certain length of time, and the poison emitted by the composition has been absorbed by the various forms of animal and vegetable life, which float about the water in the immediate neighbourhood of the ships bottom, the surface for the time beeing the composition becomes exhausted and is unable to continue emitting small atoms of poison at the same ratio at which these millions and millions of small germs try to attach themselves to a ship bottom; in fact in this case there are more germs trying to attack themselves than there are atoms of poison ready to destroy them."

Während ich mich sonst den Ausführungen dieses hervorragenden Fachmannes vollinhaltlich anschließe, möchte ich zu der angeführten Stelle nur bemerken, daß auch bei ruhendem Schiffe die Endosmose und die chemische Einwirkung des Seewassers auf das Bindemittel der Farben genügend Giftteilchen in Wirksamkeit setzen, um in nicht zu keimreichem Wasser vor Ansatz zu schützen, wie den auf Seite 396 geschilderten Plattenversuchen und den auf Seite 401 angeführten Proben auf Bojen entnommen werden kann.

Trotzdem es wohl kaum erforderlich sein dürfte, zur Bekräftigung des Gesagten und zur Widerlegung der Ansichten der Giftgegner noch den experimentellen Beweis zu erbringen, wurden dennoch in dieser Hinsicht folgende Versuche durchgeführt, die der Hypothese von der „einhüllenden Schichte" den experimentellen Todesstoß versetzen. a) In einer Lackgrundmasse, bestehend aus Leinölfirnis und Colofon, die zwecks leichterer Streichbarkeit Terpentinöl zugesetzt erhielt, wurden 10 Proz. Rhodan-Kupfer verteilt, und diese Komposition wurde auf ein Eisenblech gestrichen. Nach erfolgtem Trocknen wurde die Anstrichoberfläche mit Seewasser benetzt und eine blanke Zinkplatte darauf gelegt. Falls eine Kapillarmembran die Rhodan-Kupferteilchen einhüllt und solcherart eine isolierende Schichte ihre Wirksamkeit verhindert, durfte sich auf der Zinkplatte keine Verkupferung zeigen. Tatsächlich war am Zink noch nach 24stündiger Einwirkung ein Kupferspiegel nicht nachweisbar, ein Beweis von der Existenz der Kapillarmembran. Nunmehr wurde das bemalte Blech in einem mit Seewasser gefüllten Gefässe während 50 Stunden in Bewegung erhalten, um solcherart die Reibung zwischen bewegtem Schiffskörper und Wasser nachzuahmen. Andererseits wurde ein mit der Kupferfarbe gestrichenes Blech durch 40 Stunden der



Wirkung des strömenden Wassers ausgesetzt. Bei ersterem Versuche zeigte sich das Seewasser schon nach 20 Stunden deutlich von abgeriebenen Farbenpartikelchen getrübt. Ein aufgelegtes Zinkblech verkupferte sich nach 4 Stunden deutlich mit Metallglanz und war die Reaktion $Zn + Cu_2(CNS)_2 = Zn(CNS)_2 + 2\,Cu$ so energisch, daß nach 12 Stunden der Anstrich bis an das Eisen zerstört war.*)

Bei der dem strömenden Wasser ausgesetzten Anstrichoberfläche zeigte aufgelegtes Zink nach 3 Stunden deutliche Verkupferung, z. T. mit Metallglanz, z. T. in Form von schwarzen Flecken. Nach erfolgter Lösung des Zinkbleches in H_2SO_4 und des hierbei verbleibenden Rückstandes in HNO_3 konnte Cu leicht analytisch nachgewiesen werden. Die Versuchsplatte, die ursprünglich 76,583 g wog, zeigte nach 40-stündiger Einwirkung im lufttrockenen Zustande ein Gewicht von 76,598 g. Es war nicht möglich, das gemalte Blech zur Gewichtskonstanz zu bringen, jedenfalls scheint aber bei Berührung einer Anstrichoberfläche mit bewegtem Wasser zu Anfang die Wasseraufnahme des Anstriches gegenüber der Gewichtsabnahme durch Abschleifen vorzuwalten. Die der Wirkung des bewegten Wassers ausgesetzte Oberfläche betrug 129,6 qcm und waren in 50 Stunden zirka 0,025 g abgeschabt. Da im ganzen 2,63 g Farbe auf der Fläche verstrichen war, so hätte es zirka 5260 Stunden, d. s. 219 Tage gedauert, ehe der ganze Anstrich vom bewegten Wasser abgenützt worden wäre.

Aus dem Angeführten geht zur Genüge hervor, daß bei Anstrichen deren Bindemittel keine toxischen Eigenschaften besitzt, allerdings in den ersten Zeiträumen, wie aus dem Ausbleiben der Verkupferung ersichtlich, eine Kapillarmembrane den direkten Kontakt zwischen den Giftstoffen und den sich ansetzenden Organismen verhindert, daß es jedoch infolge der sehr geringen Dicke dieser Membrane nur ganz kurze, einerseits von der Größe der Schiffs- resp. Wasserbewegung, andererseits von der Natur der Farbe abhängige Zeit währt, ehe sie abgeschliffen und die Giftstoffe der direkten Berührung und der Einwirkung des Seewassers ausgesetzt sind.

Aber selbst dann, wenn sich die bemalte Fläche ruhig in unbewegtem Wasser befinden würde, wo also ein Abschleifen der Kapillarmembrane nicht stattfinden könnte, selbst dann wäre es irrig, anzunehmen, daß die Anstrichoberfläche etwas Unveränderliches vorstelle und zwar, wie schon erwähnt,

*) Es ist bemerkenswert, daß Kupferresinat in Terpentinöl gelöst und auf Platten gemalt, nach erfolgter Befeuchtung mit Seewasser in Berührung mit Zink keine Verkupferung des letzteren zeigt.



wegen der auftretenden Osmose und infolge der chemischen Einwirkung des Seewassers auf die Harze des Bindemittels. Und daß bei Berührung von Anstrichfarben mit Wasser erstere eine Veränderung erfahren, ist schon daraus zu entnehmen, daß die Oberflächen, die ursprünglich unbenetzt blieben, nach einiger Zeit mehr oder minder benetzbar werden.

Mit anderen Worten, während ursprünglich die Adhäsion zwischen Farbe und Wasser größer war als die Kohäsion der Wasserteilchen, ändert sich dieses Verhältnis der Molekularkräfte später. — Es ist leicht einzusehen und auch durch Gewichtszunahme nachweisbar (vergl. oben), daß diese Erscheinung in einer langsamen Wasseraufnahme der Farbmembrane ihren Grund hat. Letztere besitzt, ebenso wie jede andere Membrane, sehr viele kapillare Zwischenräume, welche je nach der Stärke der molekularen An-

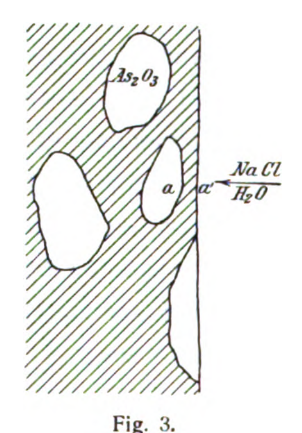


Fig. 3.

ziehung zwischen Flüssigkeit und Farbe verschiedene Mengen von Flüssigkeit resorbieren. Hat die Flüssigkeit einmal die Schichte a a' (Fig. 3) passiert und ist an den von den festen Körpern (z. B. $As_2 O_3$) eingenommenen Hohlräumen angelangt, so wird eine allmähliche Lösung des Körpers erfolgen, sodaß wir nunmehr eine Kochsalzlösung vor uns haben und z. B. eine Lösung von arseniger Säure, beide getrennt von einander durch eine für Flüssigkeit durchlässige Membrane. Es beginnt die Endosmose, welche die Gifte nach außen führt und erst dann ihr Ende erreicht hat, bis sich beiderseits der Membrane Konzentrationsgleichgewicht eingestellt hat.*)

*) Zu diesem Gegenstande bemerkt E. Simon in seiner Broschüre „Über Rostbildung und Eisenanstriche“: „Es liegt die Vermutung nahe, daß die Firnishaut in ähnlicher Weise wie die tierische Haut osmotische Erscheinungen zeigt, d. h. daß durch dieselbe unter gegebenen Verhältnissen im Zustande der Schwellung Flüssigkeiten, wie Gase hindurch zu dringen vermögen.“



Es kann mit Sicherheit angenommen werden, daß dieser Vorgang bei fahrendem sowohl, als auch bei vor Anker liegendem Schiffe eine Rolle spielt, namentlich insoweit es sich um ein Auflockern der Oberfläche handelt. Hält man sich nun all die geschilderten Umstände vor Augen, so gibt es wohl keinen Zweifel, daß die Annahme von der Einhüllung der Giftstoffe durch das Bindemittel vom praktischen Standpunkte aus betrachtet unrichtig und infolgedessen der darauf basierende Beweis der Unwirksamkeit der Gifte in submarinen Farben nicht als erbracht gelten kann.

Der zweite Einwand, den die Anhänger der Antigiftrichtung ins Feld führen, lautet, daß die gelöste Giftmenge, die mit den aufsaugenden Organen in Berührung kommt, viel zu gering ist, um eine Intoxikation zu verursachen. — Was dieses Argument betrifft, verweise ich auf jenen Teil der vorliegenden Studie, der von der Art und Weise handelt, in welcher die Gifte wirken.

Mir scheint es bewiesen, daß die Gründe der Giftgegner wertlos und hinfällig sind, daß keine Ursache vorhanden ist, warum Gifte nicht wirken sollen. Der direkte und einwandfreie Nachweis jedoch, daß Gifte in submarinen Farben auch tatsächlich wirksam sind, ergeht zur Genüge aus der im Nachfolgenden beschriebenen Versuchsanordnung, die ich überdies für die einzig geeignete halte. Jedoch sei gleich Eingangs erwähnt, daß selbstverständlich das durch meine Versuche in Triest geförderte Resultat eine Verallgemeinerung nur in beschränktem Maße zuläßt, und daß das Ergebnis genau genommen eigentlich nur für die Verhältnisse des Adriatischen Meeres und nur für jene Tiere und Pflanzen Geltung haben kann, welche sich auf den Versuchsplatten angesetzt hatten. Eine strenge und exakte Folgerung, wie wir sie von den Experimenten der Chemie und Physik her gewöhnt sind, ist eben auf diesem zerklüfteten Gebiete nicht zulässig und es ist nicht ausgeschlossen, daß eine Wiederholung der Versuche an anderer Stelle, z. B. im Hafen von Surabaya, der berüchtigt ist wegen seines animalischen Ansatz befördernden Wassers, nicht genau dasselbe Resultat gefördert hätte.

Eine mit Rostschutzlack bemalte Schwarzblechplatte 250 × 250 mm wurde auf der Fläche abcd (Fig. 4) mit ungiftiger Farbe I, auf cdef mit giftiger Farbe II gestrichen. — Bei diesem Versuche, sowie bei den meisten folgenden fanden die sogenannten „heißen“ Kompositionen Verwendung, wie sie u. A. in der Österreichisch - Ungarischen und Italienischen Kriegs- und Handelsmarine eingeführt sind. Diese Farben werden im geschmolzenen Zustande aufgetragen und bieten schon zufolge der dadurch entstandenen dicken Anstrichschichte einen wirksameren Schutz als Lacke. — Und da es mir nicht

unmöglich scheint, daß die „heißen" Farben wegen ihrer vielen Vorteile die Lacke in erster Linie in der Kriegsmarine, dann aber auch in der Handelsmarine bei Fahrten in ansatzreichen südlichen Meeren und in Häfen mit geringen Gezeiten verdrängen, da sie andererseits unsere heimatlichen und Nachbarküsten ausschließlich beherrschen, wählte ich sie zu meinen Versuchen. I und II bestanden aus ein und derselben Grundmasse und unterschieden sich von einander nur dadurch, daß I 2 Proz. Quecksilberoxyd, 25 Proz. Arsenik und 4 Proz. Cu0 enthielt*), während in II 5 Proz. einer durchaus ungiftigen grünen Erdfarbe eingemengt waren. — Die beiden Farben gemeinsame Grundmasse hatte abblätternde Eigenschaften, d. h. war in geringem Maße wasserlöslich. Die Flächen wurden zu gleicher Zeit mit gleichen Quantitäten bemalt und am 1. April 1902 im Bootshafen der k. und k.

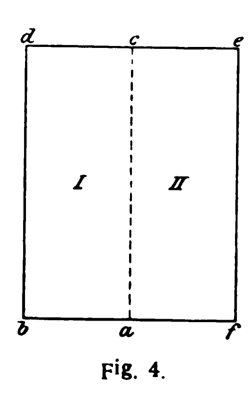


Fig. 4.

Seebehörde in Triest, unweit der Ausmündung eines Kanales ca. 2 m unter dem Wasserspiegel versenkt. Die Nähe des Kanales wählte ich abs chtlich um den Versuch in einer an Organismen sehr reichen Umgebung und unter für den Ansatz recht günstigen Verhältnissen vor sich gehen zu lassen: unter Verhältnissen, denen ein Schiff in den seltensten Fällen ausgesetzt ist. Sind nun Gifte ohne Einwirkung, so müßten nach einiger Zeit die beiden Teile der Versuchsplatte, der ungiftige und der vergiftete, in bezug auf Ansatzmenge gleiches Verhalten zeigen. Am 1. Oktober 1902, nachdem der Versuch 6 Monate in Gang gewesen war, wurde die Platte hochgeholt und bot den in Fig. 5 photographisch festgehaltenen, gewiß das Herz jedes Zoologen erfreuenden Anblick.

Die in der Adria die Hauptmasse des submarinen Ansatzes ausmachenden Lebewesen gehören namentlich den Ordnungen resp. Gattungen der Ciripedien,

*) Es war die bekannte Moravia-Komposition.

Balaniden, Bryozoen, Serpularien, Filigranaen, Hydroiden, (meist Campanularien,) Austern, Miesmuscheln, und Schwämmen an. Auch an den Versuchsplatten waren nur die genannten Tierarten aufzufinden; pflanzliches Leben fehlte, bis auf kleine Rasen einer verkümmerten grünen Alge, vollständig. — Der einzelne Stellen der Platte überziehende dunkle Schlamm enthielt die gewöhnlichen Bestandteile des Planktons, Sedimente aus Seewasser und wenige Fäden obiger Alge.

Fig. 5 zeigt, daß während der linke ungiftige Teil der Platte reich mit Tieren besetzt war, sich der rechte, vergiftete, einige Balaniden ausgenommen, frei von organischem Leben erwies. Da aber zwischen den beiden



Fig. 5.

Teilen der Platte kein anderer Unterschied bestand, als eben der, daß ein Teil giftig, der andere ungiftig war, so kann selbstverständlich die markante Verschiedenheit im Aussehen ihre Ursache in nichts anderem, als eben in der Gegenwart der Gifte haben.

Ich erwähnte schon auf Seite 395, daß die Resultate meiner Versuche eine zu weit gehende Verallgemeinerung nicht zulassen. Die Rankenfüßler auf dem giftigen Plattenteile sind der sprechende Beweis dafür. Anscheinend passen sie nicht recht zu meiner Beweisführung. Aber ebensowenig man schließlich behaupten darf, Arsenik sei kein Gift, weil es manche Leute vertragen und sich dabei wohl befinden, ebenso kann die Gegenwart dieser Tiere als Beweis dafür gelten, daß Gifte in submarinen Anstrichen unwirksam seien. Während übrigens auf der ungiftigen Plattenhälfte ca. 120 Balaniden gezählt

werden konnten, saßen auf der vergifteten nur 24. Giftiger und ungiftiger Anstrich verhalten sich also in Bezug auf ihre schützende Wirkung gegen Balaniden immer noch wie 5:1. Die Annahme einer besonderen Resistenz der Cyripedien gegenüber gewissen Giften einerseits, andererseits aber die merkwürdigen Entwickelungsstadien, welche die Tiere durchmachen, könnten zur Erklärung der scheinbaren Unempfindlichkeit gegen Gifte herangezogen werden. Befriedigend ist die Erklärung durchaus nicht. Die winzig kleinen Cyripedienlarven oder Puppen sind freischwimmend, vollständig von einer zweiklappigen Chitinschale umschlossen und setzen sich mit Hilfe ihrer Haftantennen zeitweilig fest. Während des mit Recht als Puppe bezeichneten Stadiums findet keine Nahrungsaufnahme statt, und hat wenigstens die Annahme einigermaßen Berechtigung, daß gerade zu einem Zeitpunkte, in welchem die Gifte in gelöster Form auf die noch embrional zarte Ansatzfauna einwirken können, die Cyripedienlarve gegen den Einfluß von Giftlösungen ziemlich geschützt zu sein scheint. Aus dem Puppenstadium macht das junge Tier eine Häutung durch, wobei die Schalenklappen und die Ruderfüße abgestreift werden und aus der frei beweglichen Crustacee ein fest haftendes Cyriped hervorgeht. Die vorübergehende Antennenanheftung wird mit Hilfe des von einer Zementdrüse abgesonderten Kittes zu einer dauernden und ist dieses das Stadium, in welchem unter normalen Umständen die Wirkung der Gifte erfolgreich einsetzt. Daß dann dem ausgewachsenen, nunmehr mit einer mächtigen, dütenförmigen Schale ausgestatteten Tiere die unendlich verdünnten Giftlösungen nicht viel anhaben können, darf schon von vorneherein nicht wundernehmen; namentlich aber dann nicht, wenn man überlegt, daß eben nicht jedes Gift auf jeden Organismus wirkt. Äusserst bemerkenswert aber ist es, daß den Tieren eine Anhaftung, sei es durch Antennen oder durch Zement auf einer mit eiweißfällenden Substanzen gesättigten Oberfläche überhaupt möglich ist.

Ich habe schon 1901 in meiner Abhandlung über Schiffsbodenfarben auf Seite 36 angeführt, daß z. B. Muscheln gegen Kupfer, gewisse Tunicaten und viele submarine Tiere gegen Arsen, Pflanzen gegen manche Tiergifte scheinbar unempfindlich sind, Umstände, die ja bei hochorganisierten Wesen ebenfalls vorkommen. Auch Oblt. B. Malenkovic kommt in seiner hoch interessanten Arbeit über Pilzantiseptika (No. 19 der Österreichischen Chemiker-Zeitung vom 1. Oktober 1902) zum Resultate, daß jedes Antiseptikum, wenn es in entsprechend geringer Menge dem Nährboden zugesetzt wird, das Wachstum einer ihm eigentümlichen ganz bestimmten Flora von Pilzen ge-



stattet. Ebenso scheinen nun die zu meinen Versuchen herangezogenen Gifte As, Cu und geringe Mengen von Hg auf Balaniden nicht von jenem Einflusse zu sein, wie auf die übrigen Tierarten. — Es ist ja bekannt, daß Muscheln, die auf Kupferbeplattung wachsen, deren Atem- und Nahrungswasser also Kupfersalze enthält, in ihrem Körper Kupfer zu speichern vermögen. Es schien mir daher nicht unwahrscheinlich, daß die auf der stark arsenhaltigen Unterlage sitzenden Cyripedien größere Mengen von As enthalten. Zum Nachweise desselben wurden die von ihren Kalkschalen befreiten Tiere in üblicher Weise mit $KClO_3$ und HCl gekocht, nach Zerstörung der organischen Substanz in die Flüssigkeit H_2S eingeleitet, die Spur eines weißen Niederschlages mit Ammoniak ausgezogen, mit HNO_3, abgedampft, mit H_2SO_4 abgeraucht und in den Marshschen Apparat gebracht. Ein Arsenspiegel war zwar nicht zu erhalten, wohl aber ein brauner Anflug, der jedoch die charakteristische Silberreaktion zeigte. Die Versuchsplatten, worauf die Cyripedien saßen, waren zum Zwecke der Konservierung in Formaldehydlösung eingelegt worden und ergab eine Gegenprobe mit 100 cm^3 des über den Platten stehenden Gemisches aus Formaldehyd und Seewasser, worin sich möglicherweise Arsen aus dem Anstriche gelöst haben könnte, in Marsh auch einen Anflug, der aber trotz des bedeutend größeren in Arbeit genommenen Quantums viel schwächer war, als bei den 1,2 g wiegenden Cyripedienkörpern. Da mir weiteres Tiermaterial nicht zur Verfügung stand, konnte der Versuch nicht wiederholt werden. Da es überdies Armand Gautier in letzter Zeit gelungen ist (Ch. Z. Nr. 97, 1902, 1157), Arsen in Meeresalgen, im Plankton, in Kohlen (die aus fossilen Algen entstanden sind) usw. nachzuweisen, das Arsen somit ein selten fehlender Bestandteil tierischer und pflanzlicher Organismen zu sein scheint, können die von mir nachgewiesenen Spuren wohl als Bestätigung der Resultate Gautiers, nicht aber als Beweis dafür gelten, daß Balaniden Arsen speichern. — Soll diese Frage mit Sicherheit gelöst werden, so wird es erforderlich sein, vorerst größere Mengen an Balanidenmaterial, das auf unvergifteter Grundlage aufsaß, qualitativ und wenn möglich quantitativ auf As zu prüfen und dann dasselbe mit Tieren zu tun, die auf giftiger Grundlage saßen. Übrigens scheinen die Cyripedien kupferliebend zu sein, ebenso wie andre Tiere Zinn bevorzugen und ist es leicht möglich, daß sie, wenn kein Arsen, so doch Kupfer speichern.

Tatsächlich fand Professor Dr. C. Cori, Triest, den Stiel von Lepas, die auf kupferverhäuteten Schiffsböden saßen, derart grün gefärbt, daß er diese Färbung als eine direkte Kupferwirkung ansprechen mußte.



Der bedeutende Einfluß, den solche scheinbar giftfeste Organismen auf die ganze Ansatzbildung nehmen, möge meine Weitschweifigkeit entschuldigen.

Zum geschilderten Plattenversuche zurückkehrend, sei weiter erwähnt, daß an derselben Stelle zur Bekräftigung der Annahme der Giftwirkung gleichzeitig eine zweite Versuchsplatte versenkt wurde, die mit einem ungiftigen Colofon - Terpentinöl - Lack bemalt war. Auch diese Platte zeigte sich, wie aus Fig. 6 ersichtlich, dicht bewachsen. — Das Gewicht des lufttrockenen Ansatzes betrug per qm 1,36 kg.

Ich will es nicht versäumen, an dieser Stelle auf das wesentlich andere Bild aufmerksam zu machen, das Platten, die mit ungiftigen geschmolzenen Anstrichen versehen sind, gegenüber Platten bieten, die mit ungiftigen

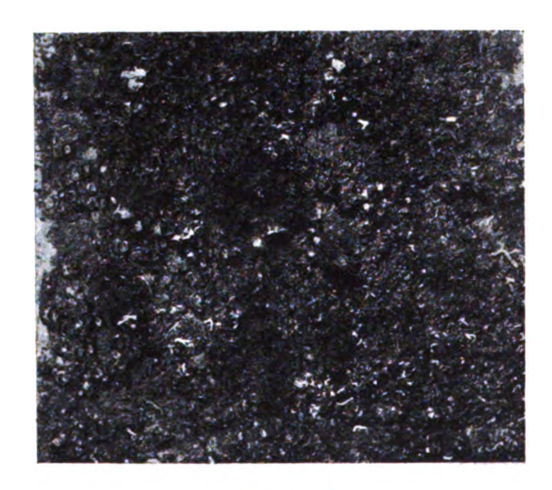


Fig. 6.

Lacken bemalt sind. Während auf ersteren Balaniden vorwalten und sich der Ansatz überhaupt mehr in den Raum entwickelt, oft ganze Flecken freilassend, finden sich auf Lacken desselben Standortes mehr Filigrana-Arten, Muscheln, Algen und dergleichen, welche die ganze Fläche gleichmäßig bedecken und wenig darüber (räumlich) vorragen.

Diese auffallende Verschiedenheit im Verhalten von Lacken und geschmolzenen Kompositionen, wovon letztere blättern, erstere aber nicht, dürfte sich vielleicht dadurch erklären lassen, daß Pflanzen und kleine Tiere im lebenden Zustande mit der abblätternden Oberfläche fortgeschwemmt werden und auf der Platte schließlich nur jene Organismen überbleiben, welche besonders fest haften, während sich auf der nicht blätternden Lackoberfläche alle Organismen entwickeln können.

Der viel bezweifelte Einfluß des „Abblätterns“, das ist die Löslichkeit der Farbengrundmasse in Seewasser, scheint mir unverkennbar, sodaß man wohl sagen kann: das Abblättern unterstützt die Wirksamkeit der Farben insofern, als dadurch jene Organismen entfernt werden, die sich nicht fest und nur oberflächlich ansetzen, und bei welchen zufolge ihrer Kleinheit ein Wegspülen möglich ist.

Die Wirksamkeit der Gifte schien mir nun außer Zweifel, jedenfalls wollte ich aber, um in jeder Richtung ganz sicher zu gehen, noch einen Punkt in der Versuchsordnung eliminieren, der eventuell hätte zu einem Einwande Anlaß geben können. Es ist das der Einfluß der 25 % Arsenik auf die Oberflächenbeschaffenheit der giftigen Farbe. Bei der immerhin bedeutenden Löslichkeit des As_2O_3 im Wasser hätte der hohe Arsengehalt ein noch kräftigeres Blättern der schon an und für sich abblätternden Anstrichoberfläche und solcherart in rein mechanischer Weise das Reinhalten der Platten bewirken können, was bei den ungiftigen Farben ohne Arsenik in geringerem Maße der Fall wäre. Unter Berücksichtigung dieses Umstandes malte ich auf einer Boje neben anderen Versuchsanstrichen eine Farbe, welche in der vorbeschriebenen Grundmasse 3 % HgO und 4 % CuO aber kein As_2O_3 verteilt enthielt. An ein kräftigeres Abblättern war also in diesem Falle nicht zu denken. Die nur teilweise von dem Anstriche bedeckte Boje wurde am 1. März 1902 auf der Reede von Triest verankert. Bei der im Mai 1903 vorgenommenen Besichtigung zeigte sich die Farbe vollkommen rein, auch frei von Balaniden, während die mit Miniumfarbe bemalten Teile der Boje kräftigen Ansatz und vor allem üppige Balaniden-Kolonien aufwiesen. Sind solcherart nunmehr auch die angeführten Bedenken zerstreut, so scheint mir andererseits durch die geschilderten Versuche der Beweis erbracht, daß kräftige anorganische Tier- und Pflanzengifte, wie Hg und Cu, in submarinen Farben im allgemeinen und auf die meisten Organismen giftig wirken und die Ansatzbildung verhindern, gleichzeitig aber auch, daß die Eigenschaft des Abblätterns an und für sich entgegen der Ansicht von Mallet-Bouchardet kräftig beitrage, den Ansatz fern zu halten. — Ich hatte schon einmal Gelegenheit, darauf hinzuweisen, daß man sich gewöhnlich von diesem Abblättern eine nicht ganz zutreffende Vorstellung macht. Die Bezeichnung ist unglücklich gewählt und darf man sich darunter nicht vielleicht das Ablösen ganzer Blätter, sondern vielmehr ein Abschaben vorstellen.

Wem ist es noch nicht aufgefallen, daß sich am Körper lebender Fische,



seltene Fälle ausgenommen, kein Ansatz bildet, während leblose Gegenstände nach kurzer Zeit vollständig mit Ansatzkrusten bedeckt sind. Die Ursache dieser Erscheinung liegt eben darin, daß sich die lebende Epidermis kontinuierlich erneuert und die Oberflächenschichten fortwährend abgestoßen werden.

Es ist naheliegend, diese Eigenschaft auf die Schiffsbodenfarben zu übertragen, wodurch gleichzeitig einem anderen Umstande begegnet werden kann, der die Wirksamkeit der Bodenfarben bedeutend beeinträchtigt.

Es ist wohlbekannt, daß Farben, trotzdem sie noch bedeutende Mengen von Giften enthalten, bereits „erschöpft" sind und nicht mehr wirken. Die Ursache dieser Erscheinung liegt darin, daß sich den giftreichen, inneren Partien ein Konglomerat ausgelaugter, wirkungsloser Harzschichten vorlagert, das ich seiner Zeit mit einem Schwammskelett verglichen habe. Durch dieses Konglomerat werden die Ansatzorganismen von der direkten Berührung mit den giftreichen Schichten geschützt, so daß ihnen das Anhaften an dem hierzu wie geschaffenen Harzskelette möglich ist. —

Ermöglicht man es dem Konglomerat, abgeschwemmt zu werden, so vereinigt man die mechanische Wirkung des Abschabens mit der chemischen Wirkung stets neuer, noch nicht erschöpfter Oberflächen und erhöht logischerweise die Dauer des Anstriches um das Doppelte und Dreifache.

Daß man die geschilderten Eigenschaften nur einer verhältnismäßig dicken Farbschicht verleihen kann, liegt in der Natur der Sache. Dererlei ca. 0,5 mm dicke Schichten lassen sich nur durch Malen von Farben in geschmolzenem Zustande erreichen. Allerdings ist dieser Vorgang etwas umständlicher als das Malen von Lacken und stellt namentlich an die Intelligenz der Maler höhere Anforderungen. Diese kleinen Nachteile spielen aber keine Rolle im Vergleiche zu den Vorteilen, welche derartige Anstrichfarben in erster Linie den Kriegsmarinen bieten, die stets mit dem Umstande rechnen müssen, daß bei einem längeren Seekriege, der häufige Dockungen unmöglich macht, die Hälfte der Flotte durch Ansatz und Rost minder seetüchtig wird, ehe ein Jahr verfließt. —

Die Ereignisse in Ostasien sprechen in dieser Hinsicht eine beredte Sprache und ist wohl nicht daran zu zweifeln, daß die Marineverwaltungen auf Grund der dort gesammelten Erfahrungen ihre erhöhte Aufmerksamkeit nunmehr jenen Bodenfarben zuwenden werden, die, mit den oben angeführten Eigenschaften ausgerüstet, den Boden des Schiffes auf lange Zeit hinaus rein zu halten imstande sind.



Jede Behauptung, die zu obigen Ausführungen im Gegensatze steht, ist, falls sie wie seither immer der Begründung und des experimentellen Nachweises entbehrt, von der Hand zu weisen. Hat wirklich einmal der eine oder der andere mit angeblich „giftfreien" Farben ein gleiches Resultat zu erzielen geglaubt, wie mit vergifteten, so dürfte dieser Umstand vielleicht doch darauf zurückzuführen sein, daß sich der Experimentierende die Versuchsfarbe nicht selbst erzeugte; in den käuflichen Unterwasserfarben sind aber Mineralgifte mitunter in derart maskiertem Zustande enthalten, daß sie auch sehr gewandten Analytikern leicht entgehen können, von der Schwierigkeit des Nachweises organischer Gifte in Farben gar nicht zu sprechen.

II.

Steht es nun einmal fest, daß durch einen Gehalt an Giften eine Intoxikation der den Ansatz bildenden Organismen erfolgt, so drängt sich sofort die für die weitere Entwickelung der submarinen Farben ungemein wichtige Frage auf: In welcher Weise wohl diese Intoxikation vor sich gehen möge.

Im allgemeinen lassen sich hierbei folgende drei Möglichkeiten unterscheiden:

1. Die schützende Wirkung nimmt ihren Ursprung von der Ansatzstelle des Organismus aus, also durch direkte Berührung mit dem Gifte, d. i. derart, daß das den Organismen zum Anhaften dienende Eiweißsekret durch die in den Farben enthaltenen Gifte koaguliert wird.

2. Die Vergiftung erfolgt nur durch das umgebende Medium, durch das Nahrungswasser, welches das Gift in Lösung hält.

3. Die Vergiftung erfolgt sowohl durch direkten Kontakt, als auch durch das Atem- und Nahrungswasser.

Durch welche Versuchsanordnungen und Überlegungen ich trachtete der Beantwortung dieser Frage näher zu kommen, sei im folgenden ausgeführt:

Denkt man sich einen submarinen Körper, z. B. eine Eisenplatte, zur Hälfte mit einer giftigen Farbe I (Fig. 7), zur anderen Hälfte mit einer ungiftigen Farbe II bemalt, so muß, bei Inbetrachtziehung einer Tierart, und falls die Intoxikation nur durch Kontakt stattfindet, eine Fernwirkung also nicht auftritt, die Grenzlinie a b zwischen den beiden Farben, gleichzeitig auch die scharfe Grenze zwischen mit Anwuchs behafteter und reiner Anstrichoberfläche darstellen. — Wirken jedoch die Gifte nicht nur durch direkten

Kontakt, sondern auch in Form verdünnter Lösungen, durch das umgebende Wasser, so kann natürlich von einer scharfen Grenze nicht gesprochen werden, weil die in steter Bewegung befindlichen Wasserteilchen auch jenseits der Linie a b gelangen und wirken können, sodaß sich also hinter a b eine ansatzfreie Zone a b c d bilden kann, welche allmählich und in dem Maße als die Giftlösungen verdünnter werden, immer ansatzreicher wird, um endlich dort, wo die Lösungen schon zu verdünnt sind, um noch zu wirken, den normalen Anwuchs zu zeigen. —

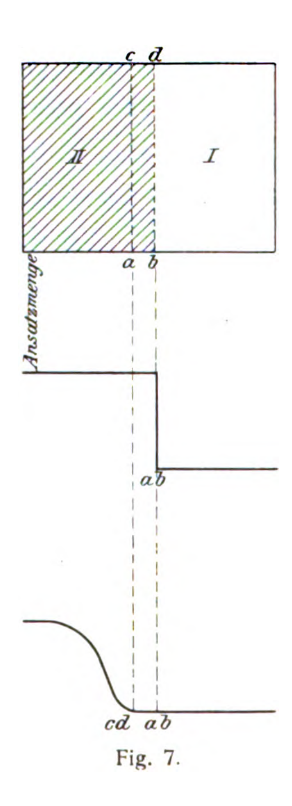


Fig. 7.

Ausgehend von dieser Überlegung malte ich in gleicher Weise wie auf S. 396 beschrieben, auf einer Platte eine giftige und eine ungiftige Unterwasserfarbe derart, daß zwischen beiden Farben eine scharfe Trennungslinie entstand. Die Grundmassen der Farben waren von gleicher Zusammensetzung. Die Platte wurde im Frühjahr 1902 im Hafen von Triest versenkt und im Herbste desselben Jahres wieder hochgeholt, wobei die Trennungslinie das in Fig. 8 photographisch festgehaltene und in Fig. 9 schematisch wiedergegebene Bild zeigte.

Nach dem auf S. 397 gesagten ist es leicht verständlich, daß die Anwesenheit von Balaniden für keinen der drei obengenannten Fälle als Beweis gelten

kann. — Was aber die übrigen Vertreter der Ansatzfauna betrifft, so ist zu bemerken, daß dieselben auf der Trennungslinie im allgemeinen nicht bis knapp an den giftigen Rand herantreten, sondern eine auf Fernwirkung deutende, ca. 2 mm breite Zone freilassen, welche allerdings nicht scharf ausgeprägt ist und überdies noch außer von Balaniden im Punkte f (Fig. 9) von Bryozoen unterbrochen wird. Die mit gewöhnlichem Rostschutzlacke

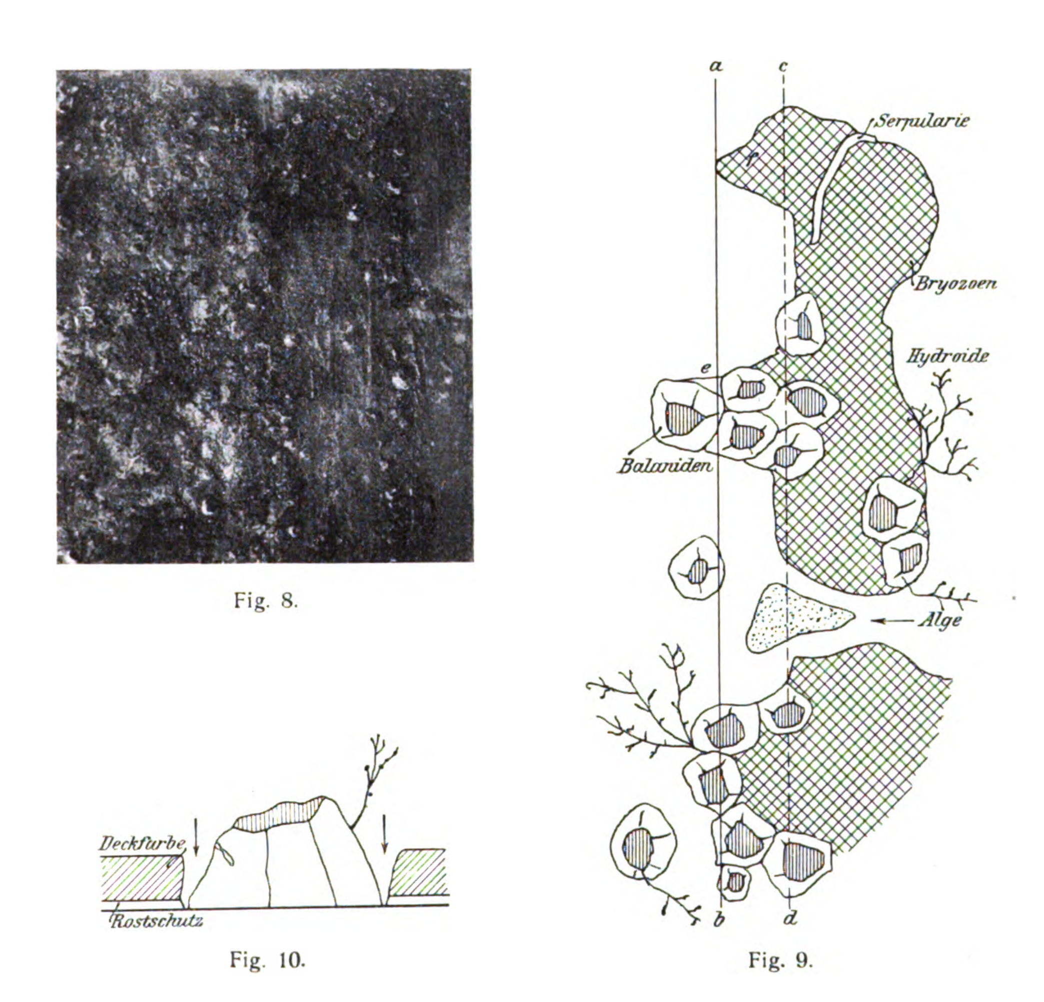


Fig. 8.

Fig. 10.

Fig. 9.

bemalte Rückseite der Platte, deren Kanten schließlich auch als Grenzlinien zwischen giftiger und ungiftiger Farbe aufzufassen sind, wobei allerdings der Plattenkörper eine Art Schirmwirkung gegen die Intoxikation ausüben mag, war dicht bewachsen und nicht nur Balaniden, sondern auch Kampanularienstämmchen und Austern ragten an manchen Stellen über die Plattenränder vor, was darauf hinweist, daß die Fernwirkung der Gifte nicht sehr erheblich sein kann.

Balaniden, Bryozoen und Hydroiden sind allgemein gefürchtete Gäste. Ich glaubte ursprünglich, daß der Balanidenansatz, der sich durch einen Rostring schon von weitem auffallend bemerkbar macht, an solchen Stellen erfolge, an welchen der schützende Anstrich aus irgendwelchen Gründen zerstört sei. — Nun konnte ich mich jedoch davon überzeugen, daß dem durchaus nicht so sei, sondern daß der Ansatz an vollkommen gesunden Stellen der Farboberfläche erfolgt. Im Verlaufe der Weiterentwickelung des Tieres dringen die nachgeschobenen Teile der ringförmigen Kalkschale immer tiefer in die Farbschicht ein, durchdringen diese (Fig. 10), dann den darunter liegenden Rostschutz und legen endlich das blanke Eisen bloß, welches nunmehr jedes Schutzes bar, lebhaft zu rosten beginnt. Von diesen Stellen aus nimmt die Zerstörung des Anstriches und der Beplattung ihren Anfang, während die Kalkschalen der Balaniden und die Bryozoenplatten nunmehr anderen Organismen, namentlich Hydroiden, Serpularien usw., willkommene Stützpunkte bieten, so daß in kurzer Zeit eine üppige Ansatzfauna und Flora sprießt.

In ähnlicher Weise wie die Flechten die Vorarbeit leisten bei der Zerstörung des Gesteines und bei der Bildung des fruchtbaren Ackerbodens, möchte ich die Rankenfüßler und Bryozoen hinstellen als Pioniere der Zerstörungsarbeit an submarinen Anstrichen, die mit ihrem Körper den tausend und abertausend Feinden des Unterwasserschiffes eine Brücke bauen und ihnen die Möglichkeit bieten, der gefährlichen Nähe des Anstriches zu trotzen. — Es wird die Hauptaufgabe jeder vollwertigen Schiffsbodenfarbe sein, in erster Linie den Ansatz eben dieser Tiere zu verhindern.

Gerade der Umstand, daß die Kalkschalen der Balaniden anderen Lebewesen als Ansatzbasis dienen, läßt jedoch gleichzeitig einen tieferen Einblick in das Wesen der Giftwirkung tun. Während z. B. auf den unvergifteten Teilen der Platte der Kampanularienbesatz bis zum Fußpunkte der Balanidenschale reicht, ist bei den auf dem vergifteten Anstriche sitzenden Schalen konstant ein ca. 2 mm hoher freier Ring zwischen der Farboberfläche und dem tiefsten Wurzelpunkte bemerkbar (Fig. 10). Diese Erscheinung weist darauf hin, daß sich tatsächlich um den Anstrich eine vergiftete Zone bilden dürfte, welche jedoch weder deutlich ausgeprägt, noch von besonders weit reichender Wirksamkeit zu sein scheint. Letzteres nicht, weil z. B. auf der ungiftigen Rückseite der Platte der üppige Anwuchs bis knapp an den Plattenrand und darüber reicht, während bei nennenswerter Fernwirkung ein Zurückweichen der Organismen auch auf der rückwärtigen Plattenwand hätte



bemerkbar sein müssen. Auch hätten sich sonst die heranschwimmenden oder vom Wasser angeschwemmten Hydroiden und Serpularien-Embryonen nicht auf 2 mm Distanz von der Anstrichoberfläche festgesetzt; es ist also schon auf diese kleine Distanz die toxische Wirkung eine derart minimale, daß sonst gegen Gifte empfindliche Tiere nicht mehr am Anhaften gehindert werden. — Bei halbwegs bedeutender Fernwirkung könnte es des Weiteren nicht vorkommen, daß z. B. Serpularien auf Balaniden, die auf der Trennungslinie sitzen, sich gerade an der dem Gifte zugekehrten Seite ansiedeln, oder, und diese Erscheinung kann oft genug beobachtet werden, daß sich in Rissen und Sprüngen, die auf irgend welche Weise inmitten giftiger Anstriche entstanden sind, lebhafter Anwuchs ansiedelt. —

Die geschilderten Beobachtungen lassen sich nun in folgenden Sätzen zusammenfassen.

Die ansatzverhindernde Wirkung der submarinen Farben hat ihre Ursache in allererster Linie in den eiweißfällenden Eigenschaften der enthaltenden Gifte, die den Organismen ein Anhaften mit dem aus Eiweißstoffen bestehenden Zemente unmöglich machen. Die gebräuchlichen Gifte, wie sie in Schiffsbodenfarben zur Verwendung kommen, wirken also durch direkte Berührung sicher, anscheinend ist aber auch eine Wirkung durch das Medium nachweisbar, wenn letztere auch nur äußerst gering und durchaus nicht von jener Bedeutung ist, wie man es seither stets annahm.

In jüngster Zeit (November 1903) hat Holzapfel, welcher an der Wirkung der entstehenden Chloridlösungen durch das Nahrungswasser festhält, zum Beweise dessen folgenden Versuch ausgeführt: Eisenplatten, welche mit einer guten Schiffsfarbe gestrichen waren, wurden auf einige Zeit in Seewasser gehängt. Ließ er dann die Flüssigkeit von der Platte abträufeln und untersuchte sie mikroskopisch, so fand er, daß die darin enthaltenen Organismen tot waren.

Nach meiner Ansicht ist der geschilderte Versuch durchaus kein Beweis für die gedachte Wirkung der Lösungen. Angenommen auch, daß die die Platten umgebende Zone und die darin befindlichen Organismen durch Lösungen vergiftet wurden, so passiert doch die Platte beim Herausziehen innerhalb einiger Sekunden eine ganze Reihe neuer Schichten, wobei die toten Organismen der ersten Zone fortgespült werden und kaum an die Oberfläche gelangen, während eine Vergiftung der neuen Zonen während der kurzen Zeiträume, innerhalb welcher sich die Platte bewegt, direkt ausgeschlossen ist.



Die von Holzapfel beobachteten toten Organismen dürften einfach den Poren und Unebenheiten der Farboberfläche entstammen, wo sie in direktem Kontakt mit den Giften standen und beim Bewegen der Platte herausgespült wurden.

An dieser Stelle sei auch des folgenden Umstandes Erwähnung getan: Schiffsfarben enthalten häufig noch viel Kupfer- und Quecksilberpräparate und sind trotzdem schon „erschöpft" und wirkungslos, was natürlich nicht der Fall sein könnte, wenn die Wirkung durch Lösungen hervorgerufen wäre. Nimmt man aber eine Wirkung durch Kontakt an, so wird der Fall sofort verständlich: Das giftfreie, ausgelaugte Harzskelett, das über den noch giftführenden Schichten lagert, hindert eben die Organismen an der direkten Berührung, am Kontakt und ermöglicht ihnen das Anhaften.

Folgende Zahlen, die ein Bild geben von der Konzentration der hier in Betracht kommenden Lösungen, dürften an dieser Stelle nicht ohne Interesse sein. Auf S. 393 wurde gezeigt, daß durch strömendes Wasser, dessen Geschwindigkeit zirka 570 m in der Stunde betrug, während 50 Stunden von 100 cm² Farbenoberfläche 0,025 g abgeschabt wurden. Die an der Platte vorüberbewegte Flüssigkeitsmenge betrug zirka 20,000 l. Nimmt man die Farbe mit 10 Proz. Giftgehalt an, so sind in den 20,000 l 2,5 mg Kupfer-, Arsen- und Quecksilberverbindungen enthalten, d. s. im Liter 0,000 000 125 g. Und würde auch das Wasser hundertmal langsamer strömen, also mehr Zeit haben, Gifte zu lösen (wobei dann allerdings auch das gelöste Quantum wegen der geringeren mechanischen Wirkung wieder kleiner sein muß), oder nimmt man auch an, daß das Wasser hundertmal rascher strömt, als im angeführten Versuche, also mit einer Geschwindigkeit, die das fahrende Schiff nie erreicht, wobei dann das größere Giftquantum auch in einer größeren Wassermenge verteilt ist, so ergeben sich trotzdem so geringe Prozentzahlen, daß an eine nennenswerte Einwirkung auf Organismen, die nicht direkt mit dem Gifte in Berührung kommen, gar nicht zu denken ist. Solche Spuren giftiger Schwermetalle dürften überhaupt im Seewasser immer vorhanden sein. — Auch der schon anderen Orts erwähnte Einfluß der Osmose ist, soweit es sich nur um die Entstehung von Giftlösungen handelt, recht gering, da sich nach 6 Monaten in $^1/_2$ l Seewasser, worin eine zirka 38 cm² große mit Moraviafarbe bemalte Platte stand, analytisch weder Kupfer, noch Arsen, noch Quecksilber in Lösung nachweisen ließ.

Es wurde schon häufig die Befürchtung ausgesprochen, daß die Schwermetallverbindungen, welche sich vom Anstriche eines Schiffskörpers



im Seewasser lösen, auf etwaige blanke Eisenteile eines Nachbarschiffes von schädigendem Einfluß sind. Wenngleich schon ein Blick auf die angeführten Konzentrationszahlen eine derartige Einwirkung als vollkommen ausgeschlossen erscheinen läßt, so wurde dennoch zur Erbringung des experimentellen Nachweises der obenerwähnten bemalten Platte auf 70 mm Distanz eine Zinkplatte gegenüber gestellt. Nach 75-tägiger Einwirkung zeigte sich folgendes Verhalten: Die Anstrichoberfläche war mit gelblichem Schlamme bedeckt, der aus Zinkresinat bestand; an einigen Stellen saßen keulenförmige mit Flüssigkeit gefüllte Gebilde des Resinates. Der Boden des Gefäßes war mit weißem Zinkresinat und $ZnCO_3$-Schlamm bedeckt. Das Seewasser reagierte deutlich alkalisch und trübte sich beim Kochen von abgeschiedenem ZnCO. Es enthielt aber, wie schon erwähnt, keine Spur von durch H_2S fällbaren Metallen (Cu, As, Pb, Hg).

Die dem Anstriche zugekehrte Seite des Zinkbleches war ziemlich unverändert, während die abgekehrte Seite mehrere dunkle Flecken aufwies. An der Wasserlinie saßen dicht Krystalle von $ZnCO_3$ und zwar sowohl am Zn, als an der Glaswand; der harte emailartige $ZnCO_3$-Belag ging stellenweise in 100—120 mm lange $ZnCO_3$-Fäden über, die von der Oberfläche bis auf den Grund des Gefäßes reichten. Eine direkte Verkupferung war am Zink nicht zu bemerken, und gelang es auch nicht, ein anderes Schwermetall (Pb, Hg, As) analytisch nachzuweisen.

Befürchtungen wegen Korrosion nackter Schiffsteile durch schwermetallhaltige Anstrichfarben sind somit gänzlich unbegründet.

Daß aber die Beplattung des Schiffes, wenn sie mit schlechten Rostschutzfarben bemalt ist oder wenn die Rostschutzfarbe mechanisch zerstört wurde (Grund, Eis, Anker etc.) durch den Kupfer- und Quecksilbergehalt der Deckfarben gefährdet erscheint, ist nicht zu leugnen. Bei Berührung des Eisens mit den Salzen wird metallisches Cu und Hg ausgeschieden, das mit dem Eisen ein Element bildet; es tritt Elektrolyse auf und der am elektropositiven Eisen abgeschiedene Sauerstoff leitet eine lebhafte Rostbildung ein.

Ehe ich diesen Gegenstand verlasse, will ich es nicht versäumen, darauf aufmerksam zu machen, daß die im Vorgehenden oft genannte, scharfe Trennungslinie zwischen giftigen und ungiftigen Anstrichen ein vorzügliches Erkennungszeichen abgibt für die Empfindlichkeit der Lebewesen der Ansatzfauna und -Flora gegenüber Giftlösungen.



Es ist ja ohne weiteres klar, daß verschiedene Gifte auf ein und dasselbe Individuum verschieden wirken, ebenso wie ein und dasselbe Gift auf die einzelnen, allen möglichen Gattungen, Ordnungen und selbst Klassen angehörenden Organismen von verschiedener Wirkung sein muß. — Auf Tiere einer Gruppe kann zufolge Eigentümlichkeit in der Entwickelung, im Körperbau u. s. w., eine Kontaktwirkung nicht ausgeübt werden, sodaß nur die schwache Wirkung der Lösung überbleibt. Tiere anderer Gruppen werden durch Kontakt vergiftet. Letztere werden an die Trennungslinie knapp herantreten, während erstere eine, wenn auch nur undeutliche Zone zwischen ihrem Standorte und der Linie freilassen werden. — Je empfindlicher das Lebewesen gegen das Gift ist, desto weiter wird es zurücktreten. An Trennungslinien von Farben mit verschiedenen Giften wird sich feststellen lassen, welches Gift auf diese Tiergattung, welches auf jene von größerer Wirkung ist. Wie man Körper durch Sieben von verschiedener Korngröße, durch Schlemmen von verschiedenem spezifischen Gewicht trennen kann, so hat man in dieser „Demarkationslinie“ ein Mittel an der Hand, die Organismen nach ihrem Verhalten zu Giften zu scheiden und den Einfluß der verschiedenen Gifte auf die wichtigsten in gegebener geographischer Lage den Ansatz bildenden Lebewesen zu erforschen, ja selbst zu messen.

Das durch diese Proben, die an Einfachheit nichts zu wünschen übrig lassen, geförderte Resultat wird dem Fabrikanten wichtige Anhaltspunkte für die Zusammensetzung der in bestimmten Breiten zu verwendenden Anstrichfarben geben.

Das Verhalten der einzelnen Gifte in der angedeuteten Richtung zu prüfen, sei einer späteren Arbeit vorbehalten.

III.

Nicht nur um Schiffsböden gegen Rost zu schützen, zum Schutze von Eisenkonstruktion überhaupt, wurden und werden häufig Rostschutzfarben empfohlen und verwendet, deren wirksames Prinzip ein Gehalt an metallischem Zink in Form von Zinkstaub sein soll. Die Wirkung des Zinks in diesen Metallfarben ist derartig gedacht, daß es mit dem zu schützenden Eisen und der das Rosten einleitenden Feuchtigkeit ein galvanisches Element bildet, an dessen positiven Pol (Zn) sich Wasserstoff, an dessen negativem Pol (Fe) sich aber reduzierender Sauerstoff abscheidet, der nicht nur vor dem Rosten schützen, sondern sogar schon bestehenden Rost entfernen soll. Es wurde dieses Prinzip, das Eisen durch Berührung mit Zink vor Rost zu schützen, schon zu

Anfang des vorigen Jahrhunderts von Sir H. Davy ausgesprochen und später häufig und verschiedenen Ortes wiederholt. Ob aber das Zink in Farben tatsächlich gegen das Rosten schützt oder nicht, darüber bestehen wohl Vermutungen, nicht aber exakte Versuche, und ist es der Zweck der nachstehenden Zeilen, dieses Thema etwas zu beleuchten, solcherart einen kleinen Beitrag zur Rostschutzfrage liefernd.

Vor allem haben sich I. Spennrath*) und später E. Simon**) mit diesem Gegenstande befaßt, und beide Forscher stimmen darin überein, daß der angestrebte Erfolg durch Zinkstaub nicht erreichbar ist. — Spennrath sagt: „Der Versuch der gemacht werden soll, um die Entwickelung von H zu erweisen, beweist eben garnichts, denn es kann sich aus dem Zink nur Wasserstoff entwickeln, wenn es mit Wasser in Berührung ist; dies ist aber unmöglich, wenn die Metallfarbe mit Leinöl oder mit einem im Wasser unlöslichen Bindemittel angerieben ist.“ Zu diesem Ausspruche Spennraths möchte ich bemerken, daß wenn eine Berührung des Eisens mit Wasser infolge der Farbschichte ausgeschlossen wäre, man sich nicht weiter vor Rost zu fürchten brauchte, dessen Entstehen unbedingt an die Anwesenheit von Wasser geknüpft ist. — Ist aber Feuchtigkeit da, sodaß sich Rost bilden kann, so könnte auch das Zink Wasserstoff entwickeln.

Andern Orts sagt Spennrath bezüglich der Wirkung der Farbkörper und auch des Zinks im Anstrich: „In dem Anstriche ist jedes Teilchen des Farbpulvers mit einer Schicht von verharztem Öl vollständig eingehüllt und kommt garnicht in Berührung mit dem Metall.“ Und des weiteren: „Es ist nicht erforderlich, das Unsinnige (!) derartiger Behauptungen wissenschaftlich darzutun; ich würde auf diese Angaben nicht eingegangen sein, wenn sie sich bloß in den Preislisten etc. der Fabrikanten von Anstrichfarben befänden. Der Glaube an die elektrische Wechselwirkung zwischen Eisen und Farbkörper aber ist weiter verbreitet. So heißt es in einem Artikel von Schillings Journal für Gasbeleuchtung (1893, No. 12): Es würde zu weit führen, hier die Ursachen der Unwirksamkeit oder Schädlichkeit der verschiedenen Blei- und Eisenmenniganstriche klar zu legen, welche elektrochemische Wechselwirkungen der betreffenden Oxyde und des Leinölfirnisses darin hervorrufen. Es ist leider nicht angegeben, in welcher Weise Bleimennige, Bleiweiß und Eisenoxyd in einem Ölanstriche, wo jedes Teilchen

*) Chemische und physikalische Untersuchung der gebräuchlichsten Eisenanstriche.

**) Über Rostbildung und Eisenanstriche.



durch eine Schicht von verharztem Öl umhüllt und von dem Eisen getrennt ist, mit dem gestrichenen Eisen einen elektrischen Strom erzeugen sollen u. s. w."

Simon ist zwar bezüglich dieser Einhüllung anderer Ansicht und glaubt, daß die Farbkörper schon in Berücksichtigung der Endosmose und Exosmose nicht inaktiv im Anstriche liegen bleiben, sagt aber doch auch: „Was die Annahme einer galvanischen Kette und elektrischen Erregung zwischen Farbkörper und Eisen anlangt, so habe auch ich mich, wie bereits unter Bleimennige angeführt, dagegen schon früher ausgesprochen."

Schließlich betont Simon, daß, da chemische Reaktionen stets eine Quelle der Elektrizität bilden, elektrochemische Erscheinungen auch in Anstrichen auftreten können, worin, wie Mulder nachwies, eine sich Monate hinausziehende, chemische Umsetzung stattfindet.

Was nun meine Beobachtungen über den effektiven Schutz anbetrifft, scheint das Zink in den bei Schiffsbodenfarben üblichen Grundmassen tatsächlich die Rostbildung, wenn nicht zu verhindern, so doch bis zu einem gewissen Grade zu verzögern. — Ich hatte Gelegenheit, Zink für sich allein und in Verbindung mit Eisenoxyd als Rostschutzfarbe an Schiffsböden zu verwenden, ein Unterschied gegenüber Farben ohne Zink war nicht zu leugnen, aber ein wirklicher Schutz gegen Rost war nie zu konstatieren.

Zur Erzielung vergleichbarer Resultate zwischen zinkhaltigen und zinkfreien Anstrichfarben malte ich vier Eisenbleche mit nachstehend beschriebenen Farben und bemerke gleich, daß bei den folgenden Versuchen weniger der Einfluß der Atmosphäre berücksichtigt wurde, als mehr die für Unterwasserfarben wichtigere Einwirkung des Seewassers auf ganz untergetauchte Flächen. — Im allgemeinen ist das Rosten in der Atmosphäre naturgemäß viel rascher und kräftiger als unter Wasser. Überdies wurden zum Anstriche nicht etwa Ölfarben, sondern nur rasch trocknende Lacke herangezogen, wie sie eben zum Schutze von Schiffsböden Verwendung finden.

Platte I. Grundmasse 25 Proz. Leinölmanganfirniß
25 „ Colofon
25 „ Benzol
25 „ Terpentinöl.

Hiervon 66,6 Proz. mit 33,3 Proz. Zinkstaub, somit Zusammensetzung der Farbe:

16,6 Proz. Firnis
16,6 „ Colofon

33,3 Proz. Zink
16,6 „ Benzol
16,6 „ Terpentinöl.

Pro qcm wurden 22 mg Farbe gemalt, gewogen nach 24 Stunden im trockenen Zustande, welche Zahl ich die Anstrichdichte nennen will.

Platte II. Grundmasse 77 Proz.
Eisenoxyd 23 „ *) Anstrichdichte d. i. also die mg Farbe pro qcm 17,5.

Platte III. Grundmasse 71,8 Proz.
16,6 „ Eisenoxyd
11,5 „ Zinkstaub
Anstrichdichte = 30,8

Platte IV. Grundmasse ohne Zusatz
Anstrichdichte = 11,0

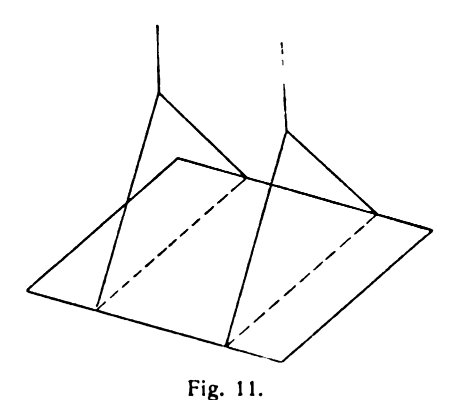


Fig. 11.

Vor dem Aufbringen der Farbe wurden die Eisenbleche in Salzsäure 1 : 2 abgebeizt, gewaschen, mit Sand abgerieben, wieder gebeizt, gewaschen, in verdünnte Natronlauge eingelegt, und nach erfolgtem gründlichen Waschen mit heißen Tüchern getrocknet, gewogen und bemalt.

Nach 24 stündigem Trocknen und erneuter Wägung (zur Bestimmung der Anstrichdichte) wurden die Bleche an Bindfaden in der in Fig. 11 skizzierten Weise in Seewasser getaucht. Schon nach 7 Tagen zeigten sich an allen vier Platten deutliche Anzeichen des beginnenden Rostens, weniger auf den Flächen, als mehr an Ecken und Kanten, besonders aber an den Stellen, wo der Bindfaden die Platten berührte.

*) Schwefelsäurehaltig.

Nach 105 Tagen waren alle Platten lebhaft verrostet. Sie wurden mit Alkohol abgespült und in Benzol eingelegt, welches die Farbschichte löste, während fest haftender Rost deutlich sichtbar auf den Platten verblieb. Dabei zeigte sich nun folgendes Verhalten: Platte I und III (zinkhaltige Farben): Die ganze Anstrichoberfläche mit Pusteln bedeckt, die aber nicht mit Rost gefüllt waren, sondern auf blankem Eisen aufsassen. Der Rost war hellgelb, haftete nicht, und erwiesen sich nach dem Abwaschen mit Benzol die Flächen rostfrei, bis auf jene Stellen, wo die Aufhängefäden die Platten berührten und wo letztere sogar einige Millimeter tief angefressen waren.

Platten II und IV (zinkfreie Farben). Stark verrostet und zwar bedeckt mit jenem festhaftenden, dunklen Roste, den man gewöhnlich als „bösen" Rost bezeichnet. Die zahlreichen Pusteln hatten nicht blanke, sondern rostbedeckte Basis. Der deutliche Unterschied (hellgelber Rost und blanke Basis der Pusteln gegenüber dunklem Rost auch unter den Pusteln) zwischen den beiden Plattenpaaren zeigt, daß also auch hier den zinkhaltigen Farben eine gewisse, rostschwächende Wirkung zukam, eine direkte Rostverhütung war jedoch nicht zu konstatieren.*)

Warum nun aber das Zink nur rostschwächend oder verzögernd und nicht rostverhütend wirkt, um diesem immerhin befremdenden Verhalten auf die Spur zu kommen, war es vor allem erforderlich, sich all die seither bekannten Umstände, infolge welcher das Zink wirken resp. welche die Wirkung des Zinks beeinflussen könnten, zurecht zu legen.

1. Soll das Zink mit dem Eisen ein galvanisches Element bilden können, so muß in erster Linie ein Elektrolyt, Feuchtigkeit vorhanden sein; andererseits kann sich, wie eingangs erwähnt, Rost ohnedies nur dann bilden, wenn Wasser zugegen ist, welches den elektrochemischen Vorgang ermöglicht. Die Feuchtigkeit kann aus irgend einem Grunde seit erfolgtem Anstriche auf der Eisenoberfläche haften oder erst später durch schadhafte Stellen oder auf dem Wege der Osmose zur Metalloberfläche gelangen.

2. Der Widerstand des Diaphragmas, d. i. der infolge der Kapillarität die Zinkteilchen einhüllenden Farbhaut, muß so gering sein, daß die zwischen Zink und Eisen herrschende elektromotorische Kraft überhaupt imstande ist, den Widerstand zu überwinden und Strom zu erzeugen. Letzterer leitet

*) Über eine eventuelle Wirkung des im Zinkstaube nie fehlenden und im Anstriche später entstehenden ZnO vergl. Seite 420.



eventuell die Wasserzersetzung ein und der am Eisen ausgeschiedene Wasserstoff schützt vor Oxydation.

Sind einmal diese beiden Kriterien erfüllt, so könnte es, sollte man meinen, keinem Zweifel unterliegen, daß das Zink nicht nur rostschwächend, sondern wirklich rostschützend wirken muß. Da ihm aber diese Wirkung nicht zukommt, Punkt 1 jedoch immer erfüllt ist, wenn sich Rost bildet, muß es innerhalb der Bedingungen des Punktes 2 fehlen. — Da drängt sich in erster Linie die Annahme auf, der Widerstand der Kapillarhäutchen sei zu groß, um eine Strombildung zuzulassen und sei dieses, wie bereits erwähnt, schon von Spennrath ausgesprochene Moment tatsächlich die Ursache der Mißerfolge mit Zinkstaub.

Um nun ein Bild zu bekommen, in welchem Maße dann derlei kapillare Farbhäutchen den Durchgang des Stromes hindern, wurden vergleichende Widerstandsmessungen an Tondiaphragmen vorgenommen, die mit den zu untersuchenden Lacken bemalt waren. Die Versuchsanordnung war eine derartige, daß aus einem Zinkstabe, einem Eisenstabe und Seewasser ein Element zusammengestellt wurde, worin die beiden Elektroden voneinander durch die bemalten Diaphragmen getrennt waren. Die Messungen wurden bei einem Vorschaltewiderstand von 100000 Ω im Nebenschlusse 1:100 an der Kohlrauschen Brücke mit Wechselstrom und Spiegelgalvanometer vorgenommen und ergab sich hierbei folgendes überraschende Resultat:

1. Ausschlag bei unbemaltem Tondiaphragma	64	Skalenteile,
2. Diaphragma bemalt mit Lackgrundmasse . . . . . (vgl. S. 413 Platte IV).	65	„
3. „ „ „ „ + 33 Proz. Zink	70	„
4. Diaphragma, bemalt mit 30 proz. Leimlösung	62	„
5. „ „ „ „ „ + 33 Proz. Zink	66	„
Ausschlag eines Obachelementes	210	„

Daraus berechnet

$$V = 0{,}55 \text{ Volt},$$
$$i = 0{,}50 \text{ Amp.},$$
$$W_i = 1{,}10 \text{ Ohm}.$$

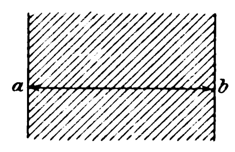
Es wäre zu erwarten gewesen, daß die lackierten Diaphragmen den Stromdurchgang überhaupt verhindern.

Aus diesen Zahlen ist aber ersichtlich, daß es mehr oder minder gleichgültig sei, ob ein Tondiaphragma mit Lack, wasserdurchlässigem Leim



oder gar nicht bemalt sei, und daß es dem Durchgange des Stromes in allen Fällen so ziemlich denselben Widerstand biete.

Allerdings ist bei mit Lack bemalten Diaphragmen im ersten Augenblicke ein ca. 800 mal größerer Widerstand zu bemerken, als bei gewöhnlichen Tonzellen. — Innerhalb der nächsten Sekunde sinkt er aber auf das angegebene Maß. Somit muß beim Passieren des bemalten Diaphragmas der Strom während kurzer Zeit insolange eine Mehrarbeit leisten, als die Molekularkräfte in der Lackmembran überwunden sind. Die geringen Unterschiede in den Galvanometerausschlägen 1, 2 und 4 sind eventuell geringen Widerstandsdifferenzen zuzuschreiben*), während die Unterschiede zwischen Lackgrundmasse und Zinklack (65 gegen 70) resp. zwischen Leim und mit Zinkstaub versetztem Leim (62 gegen 66) leicht verständlich sind, wenn man überlegt,



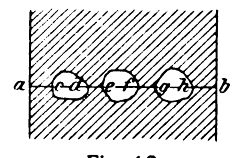


Fig. 12.

daß bei einfachem Bindemittel der Strom einen viel stärkeren Widerstand (Fig. 12) zu überwinden hat, als bei Gegenwart von Zink, wobei der Widerstand nur ab — (cd + ef + gh) beträgt.

Nun ist aber bei diesen Versuchen allerdings zu berücksichtigen, daß sie die Verhältnisse im Anstriche insofern nicht wiedergeben, als die in Untersuchung gezogenen Farbhäutchen durch Bemalen oder durch Eintauchen der Diaphragmen erzeugt, somit durchaus keine Kapillarmembranen waren, während allerdings auch andererseits die angewandten Elektroden gegenüber jenen, die in Anstrichen wirken, von unvergleichlich größeren Dimensionen und die entstehenden Ströme von bei weitem höherer Intensität sind.

Auch liegt ja schließlich immer noch die Möglichkeit vor, daß in der Diaphragmaoberfläche unbedeckte Stellen enthalten waren, die den Strom-

*) Vergl. übrigens diesbezüglich Seite 420.

linien den Durchgang ermöglicht hätten. — Um nun die Stromdurchlässigkeit der Kapillarmembranen unter Umständen zu prüfen, die all diesen Fehlerquellen Rechnung tragen und unter Verhältnissen, die jenen in einer Anstrichfarbe möglichst nahe kommen, wurde ein Paar zusammengestellt aus einem Eisenstabe und dem auf Seite 412 erwähnten und zwar auf eine Glasplatte gemalten Zinkmetall-Lack. Bei dieser Anordnung bildet die Farbe selbst die positive Elektrode; etwaige Bedenken bezüglich der Membranstärken und der Stromintensität sind beseitigt; eine kleine, wohl zu vernachlässigende Korrektur wäre nur infolge des von der Elektrodendistanz verursachten, größeren inneren Widerstandes anzubringen. Mit Hilfe eines isoliert befestigten Zinkdrahtes wurde das nach völligem Trocknen in Seewasser gestellte Paar an ein Spiegelgalvanometer gelegt und zeigte sich hierbei im ersten Augenblicke zwar kein Ausschlag, aber schon nach $1/2$ Minute war Strom nachweisbar und nach 3 Minuten hatte der Galvanometerausschlag sein Maximum erreicht, das auch nach 36 Stunden erhalten blieb. — Dieser Versuch kopiert die im Anstriche herrschenden Verhältnisse wenn nicht vollständig, so doch ziemlich genau*) und ermöglicht es gleichzeitig, die einzelnen Phasen des Vorganges, der sich bei Berührung der Rostschutzfarbe mit Wasser abspielt, zu beobachten. Da sich die Zinkteilchen, trotzdem sie in der Anstrichmasse eingebettet und von Kapillarmembranen allseitig umgeben sind, dennoch elektrisch erregen lassen, und mit dem Eisen Strom geben, der natürlich die Membranen passieren muß, erscheint mir das mit den bemalten Diaphragmen geförderte Resultat bestätigt, und der Beweis erbracht, daß die Hypothese von der isolierenden Umhüllung der Zinkteilchen, sowie überhaupt aller in Anstrichen eingebetteter fester Körper zumindest in der seither angenommenen Ausdehnung unrichtig ist.**) (Vergl. Seite 411.)

Die Erkenntnis dieses Umstandes ist für die gesamte Technik der Anstrichfarben von größter Bedeutung.

Es wurde viel herumgestritten, ob die Farbkörper in einem Anstrich auf das vor Rost zu schützende Eisen einwirken können oder nicht, namentlich bezüglich der so allgemein und auch in der deutschen Marine als Grundiermittel verwendeten Mennige hat sich in dieser Hinsicht ein lebhafter Streit entwickelt.

*) Auf Seite 393 finden sich die Umstände angegeben, denen zufolge die Verhältnisse im Anstriche doch noch andere sind.

**) Vor allem aber dann, wenn zwischen Eisen und Farbkörper Potentialdifferenz herrscht.



Bedenkt man, daß Mennige mit Eisen und einem Elektrolyten, z. B. Seewasser, — entgegen den Angaben Holzapfels*) — einen recht kräftigen Strom gibt**), überlegt man ferner, daß Mennige und Eisen auch in rein chemischer Weise im Sinne der Formelgleichungen

$$4\,Pb\;O_2 . 2\,Pb\,O + Fe_4 = 2\,Fe_2\,O_3 + 6\,Pb\;\;O + Pb_3$$
$$3\,Pb\;O_2 . 2\,Pb\,O + Fe_4 = 2\,Fe_2\,O_3 + 3\,Pb\,O_2 + Pb_6$$
$$3\,Pb_3\,O_4 \qquad\qquad + Fe_3 = 4\,Fe_2\,O_3 + 9\,Pb$$

aufeinander einwirken können, wovon man sich jederzeit leicht durch den Versuch in der Eprouvette überzeugen kann, hält man sich dazu das soeben geschilderte Verhalten der Farbhäute vor Augen, so finden all die üblen Erfahrungen, die man seither bei Verwendung von Minium in der Praxis gemacht hat, sofort ihre theoretische Erklärung.

Es muß somit vor der Verwendung von Mennige als Grundanstrich für Eisen namentlich im Schiffbau ganz entschieden abgeraten werden.

Von ganz besonderem Interesse dürfte die Beobachtung sein, daß wenn ein Element aus Eisenstab, auf Glas gemalter Zinkfarbe und Seewasser kurz geschlossen wird, die dem Anstriche zugekehrte Seite des Eisenstabes innerhalb einiger Tage nicht rostet, während sich die abgewendeten Flächen mit einem tiefblau gefärbten Beschlage, auf den ich noch später zu sprechen komme, bedecken.

Die Ansicht, als stelle ein unter Wasser befindlicher Anstrich etwas Unveränderliches vor, als beginne der Einfluß des Wassers erst allmählich und nach geraumer Zeit, scheint somit nicht zuzutreffen. Falls der Anstrich Bestandteile enthält, welche mit Seewasser ein vom Eisen verschiedenes Potentiale geben, — und das ist ja immer der Fall — verhält er sich binnen kurzem nicht viel anders, als ein mit Flüssigkeit angefeuchteter Schwamm, allerdings immer unter der Voraussetzung, daß die Entstehung eines Stromes ermöglicht ist. Es ist ohne weiteres klar, daß die verwendeten Harze, sowie überhaupt die Natur des Lackes auf die Zeitdauer, innerhalb welcher der geschilderte Vorgang einsetzt, von großem Einfluß sind.

Ich möchte nicht versäumen, die beschriebenen Versuche mit Paaren aus Eisen und auf Glas gemalten Anstrichfarben als Untersuchungsmethoden für die Güte von Rostschutzfarben, insbesondere für Unterwasserfarben zu

*) Jahrbuch der Schiffbautechn. Gesellschaft 1904. Seite 406.

**) Ragg, Die Schiffbodenfarben. Seite 16 u. f.



empfehlen. Die Anordnung ist einfach, der Versuch ist rasch durchzuführen und gibt im Galvanometerausschlag exakte Resultate, die in einigen Stunden dasselbe sagen dürften, wie monatelange Erprobung unter Wasser.

Aus diesen Versuchen sowohl, als auch aus den mit bemalten Diaphragmen durchgeführten, sollte man nun schließen, daß die geringe Wirksamkeit des Zinks ihre Ursache in anderen Umständen habe, als es die Isolierung durch die Farbmembranen ist.

Ursprünglich ebenfalls der Meinung, an der Wirkungslosigkeit des Zinks seien nur die stromundurchlässigen Kapillarmembranen der Farbengrundkörper schuld, war ich bestrebt, die Annahme auch auf anderem Wege zu bestätigen und versuchte daher unter Fortlassung undurchlässiger Membranen, Zinkstaub in eine Masse einzubetten, welche die Elektrizität gut leitet. Als solche wählte ich eine 3prozentige Gelatinelösung, worin 33 Proz. Zinkstaub verteilt waren.*) Mit dieser Anstrichmasse wurden Eisenplatten zur Hälfte bemalt und in Seewasser getaucht. Zur Kontrolle wurden andere Eisenbleche nur mit Gelatine, Gelatine und Zinkweiß und mit Lack und Zink bemalt und teilweise ebenfalls in Seewasser gelegt, teilweise an der Atmosphäre belassen.

Da also bei diesen Versuchen die Membranen, die ich ursprünglich für stromundurchlässig hielt, fehlen, sollte das Zink ungehindert wirken können.

Nachfolgend das Ergebnis:

1. In Seewasser:

a) Mit Gelatine . . . .
b) Mit Gelatine und Zn O . . } In 12 Stunden vollständig verrostet.

c) Mit Gelatine und Zn . . . . Nach 12 Stunden an der unbedeckten Wasserlinie deutlicher Rost.

Nach 20 Stunden auch an den übrigen unbedeckten Stellen unter Wasser nicht haftender Rost. Die bemalten Stellen ursprünglich rostfrei, späterhin der schon auf S. 418 erwähnte blaue Beschlag bemerkbar.

2. An der Atmosphäre:

a) Mit Gelatine . . . .
b) Mit Gelatine und Zn O . . } Rosten in Kürze so lebhaft, daß Eisenoberfläche und Anstrichschichte tief gelb gefärbt sind u. letztere durch Unterrostung vom Metalle abgehoben wird.

*) Bücher.

c) Mit Gelatine und Zn . . . . } Kein Rost und ist das unter dem An-
d) Mit Gelatine und Zn + Zn O } striche liegende Metall blank.

3. In Seewasser:

a) Lack und 33 % Zn . . . . . Nach 4 Tagen rostfrei, nach 15 Tagen von den Kanten tief in die Flächen angerostet.

b) Gelatine und 33 % Zn . . . Nach 4 Tagen an den Kanten, wo der Anstrich jedenfalls mangelhaft war, Rost, sonst rein.

Es geht somit auch aus dieser Versuchsreihe hervor, daß das Zink unter Umständen rostverzögernd und selbst rostverhindernd wirkt (1 c, 2 c, 2 d, 3 b = 1 c), daß aber zwischen Gelatine und Lackanstrichen zwar kein bedeutender, aber doch immerhin ein Unterschied besteht (3a, 3b), welcher auf den Einfluß des Widerstandes hinweist, den die Grundsubstanz den Stromlinien bietet, ein Unterschied, der vielleicht in den auf S. 415 angegebenen Zahlen 62 : 65 und 66 : 70 zum Ausdruck kommt, und daß ferner die Wirksamkeit des Zinks nur dort bemerkbar ist, wo der Anstrich das Eisen bedeckt; eine Fernwirkung, die elektrische Erregung einer weitergreifenden Sphäre*) ist gänzlich ausgeschlossen, daß endlich eine rostverhütende Wirkung des Zn O nicht auftritt (1 b, 2 b). Versuche mit Magnesium und Aluminium ergaben ein ähnliches Resultat.

Es sei an dieser Stelle der Möglichkeit gedacht, ob denn bei der rostverzögernden Wirkung des Zinks im Anstriche auch wirklich nur elektrische Vorgänge eine Rolle spielen, oder ob nicht vielleicht die ganze Wirkung darauf beruht, daß das Zink den im Wasser gelösten Sauerstoff, der zur Rostbildung Veranlassung gibt, bindet.

Diese Frage scheint immerhin Berechtigung zu haben, als es nicht leicht fällt, sich zwischen einem Eisenkörper und einem Zinkteilchen, das allseitig vom stromdurchlässigen und vollständig gleichartig zusammengesetzten Medium umgeben ist, Strom im gewöhnlichen Sinne des Wortes vorzustellen, der aus der vorhandenen Feuchtigkeit H und O abscheidet. Der Frage experimentell näher tretend, wurden nebeneinander folgende Versuche ausgeführt:

1. Brunnenwasser wurde während 24 Stunden kräftig mit Zinkstaub geschüttelt, nach dem Absetzen desselben rasch abgehoben und darin ein blanker Eisenstreifen eingetaucht. Nach 24 Stunden beginnendes Rosten, nach

*) Wie sie z. B. in eisernen Brückenkonstruktionen, bei welchen Zinkteile eingeschaltet sind oder bei in Dampfkesseln eingelegten Zinkstreifen (Davy 1826) auftritt.



4 Tagen Flecken von gelbem Oxyd. Nach 6 Monaten Oberfläche ziemlich rein; unter dem Wasserspiegel bis auf ca. 20 mm stark gelbbraun verrostet. Zink war in der Flüssigkeit analytisch nicht nachweisbar.

2. Brunnenwasser wurde zur Entfernung der gelösten Luft ausgekocht und im verschlossenen Gefäße mit einem blanken Eisenstreifen in Berührung gebracht. Nach 24 Stunden rostfrei, nach 4 Tagen Flecken von dunkelgrünem Oxydul, nach 6 Monaten durchaus sehr rein, auch unter dem Wasserspiegel; am Boden des Gefäßes Spuren von graugrünem Oxydul.*)

3. Seewasser gekocht wie in 2. Nach 6 Monaten bis ca. 40 mm unter dem Wasserspiegel gelbbrauner Rost. Oberfläche des Streifens mit wenig dunkelgrünen Oxydulflecken. Am Boden des Gefäßes tiefblauer, schwerer Niederschlag, darüber graugrünes Oxydul; in der Flüssigkeit und an den Gefäßwänden durchsichtige bräunliche Häutchen mit lebhaften Interferenzfarben. Zink war in der Flüssigkeit analytisch nicht nachweisbar.

Aus diesen Versuchen geht zur Genüge hervor, daß an eine Wirkung des Zink durch einfache Bindung des im Wasser gelösten Sauerstoffs nicht zu denken ist.**)

Erscheint also eine rein chemische Wirkung des Zink ausgeschlossen, infolgedessen eine elektrische wahrscheinlich, des weiteren aber auch der Umstand festgelegt, daß die Lackschichten dem Durchgange des Stromes keinen besonderen Widerstand entgegensetzen***), so war es gewiß von Interesse, zu ergründen, unter welchen Bedingungen denn eigentlich zwischen Zink und Eisen überhaupt Stromlinien und Ionenwanderung auftreten können. Zu diesem Zwecke wurden folgende 4 Kombinationen auf ihr Verhalten gegen das Rosten geprüft: (siehe Fig. 13)

1. Blankes Eisenblech in Seewasser,
2. Eisenblech in Seewasser; gegenübergestellt ohne metallische Berührung ein Zinkblech,
3. Eisenblech durch einen Zinkstreifen außerhalb der Flüssigkeit mit Zinkblech verbunden. Elektrolyt Seewasser.

*) Dieser Versuch wurde u. a. schon von Spennrath ausgeführt, dessen Platten nach 2 Jahren rostfrei waren.

**) Eisen setzt unter Umständen Rost an, trotzdem es sich in Wasser neben blankem Zink befindet, das noch reichlich O absorbieren könnte.

***) Der deutlichste Beweis dafür ist übrigens der Umstand, daß das auf S. 415 beschriebene Paar, bestehend aus Eisen und Zinkfarbe, in Seewasser am Galvanometer einen mächtigen Ausschlag gibt.



4. Eisenblech durch einen angelöteten Zinkstreifen innerhalb der Flüssigkeit mit Zinkblech verbunden. Elektrolyt Seewasser.

Das Eisen des ersten Versuches war schon lebhaft angerostet, als sich am Eisenbleche des zweiten Versuches beginnender Angriff und zwar in höchst auffallender, meines Wissens noch nicht beobachteter Form zeigte. Während nämlich Platte 1 gewöhnlichen, dunkelrot gefärbten Rost ansetzte, überzog sich die dem Eisenblech gegenübergestellte Platte 2 mit einem dunkelblau gefärbten, von der Nuance des $Fe(OH)_2$ und Oxyduloxyds sehr verschiedenen Belag. Wie schon auf S. 419 und 420 erwähnt, konnte ich denselben Körper auf Eisenblech beobachten, das mit Gelatinezinkfarbe bemalt, der Einwirkung des Seewassers ausgesetzt war, ebenso wie er sich auf Eisenstäben zeigte, die mit auf Glas gemalten Zinkfarben zu einem Paar verbunden waren; auch

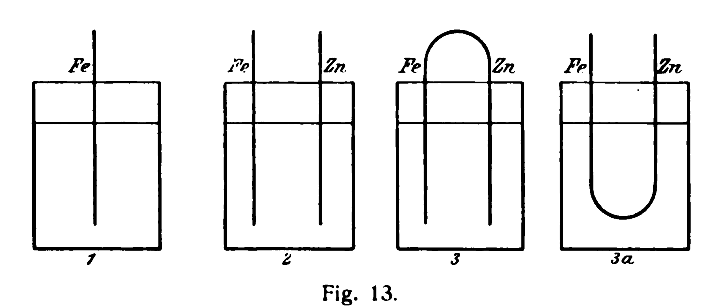


Fig. 13.

an einem monatelang der Einwirkung von ausgekochtem Seewasser ausgesetzten Blechstreifen fand sich der blaue Belag. (vergl. oben.) Dieser dunkelblaue Körper ist allem Anscheine nach identisch mit dem einzigen, seither bekannten blauen Eisenoxyde, $Fe_7 O_9 = Fe_{42} O_{54}$ (dem Berlinerblau $Fe_7 Cy_{18}$ entsprechend) und stellt somit eine Zwischenstufe zwischen dem Oxydul ($Fe_{42} O_{42}$) und dem Oxyduloxyd ($Fe_{42} O_{56}$) vor. Nach einiger Zeit geht das blaue Oxyd in schwarzes $Fe_3 O_4$ und endlich in $Fe_2 O_3$ über. Sein Auftreten ist geknüpft an die Abwesenheit größerer Sauerstoffmengen, sei es infolge elektrischer Vorgänge, sei es infolge Aufkochens der Flüssigkeit, weiters scheint aber auch die Anwesenheit gewisser Mengen eines Elektrolyten (Na Cl, Seewasser) Bedingung zu sein: in destilliertem und Brunnenwasser konnte ich den Körper nicht beobachten.

Das Paar 3 zeigte am Galvanometer 0,6 V Spannung und das Eisen war nach einigen Stunden völlig mit H-Blasen bedeckt. Noch heute, nach 6 Monaten

findet sich am Bleche, soweit es in die Flüssigkeit ragt, keine Spur von Rost, H-Blasen sind nicht mehr sichtbar und am Boden des Gefäßes liegt ein Niederschlag von Zinkoxyd und Karbonat.

Der aus dem Seewasser ragende Teil der Eisenplatte ist stark angerostet.

Bei der im 4. Versuche zusammengestellten Kombination, die eigentlich nur eine Variente von 3 bildet, nachdem es ganz gleichgiltig ist, ob sich die metallische Verbindung von Zn und Fe innerhalb oder außerhalb der Flüssigkeit befindet, ist das Eisen heute nach $^1/_2$ Jahre noch ebenso rostfrei und blank, wie am ersten Tage. Wasserstoff war und ist nicht sichtbar. Die Teile des Eisenbleches über der Flüssigkeit sind verrostet. Während also in den Versuchen 3 und 3a, bei welchen intensive Ströme entstehen, das Eisen auf Monate hinaus vom Zink vollständig vor dem Rosten geschützt wird, ist

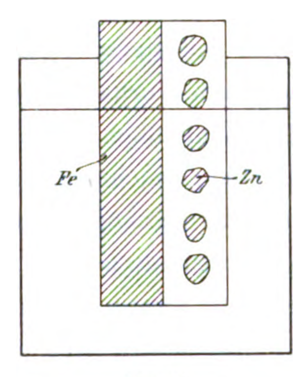


Fig. 14.

im Falle 2 nur mehr eine rostverzögernde Wirkung des Zn, verbunden mit dem Auftreten des blauen $Fe_7\ O_9$ bemerkbar. Eben die Verhältnisse des Versuches 2 scheinen aber jenen in der Anstrichfarbe am nächsten zu kommen, ein Blick auf die schematische Darstellung Fig. 14 bekräftigt diese Annahme. Es werden sich daher die Beobachtungen bei diesem Versuche direkt auf die Verhältnisse in Rostschutzfarben anwenden lassen und scheint uns dieser Weg tatsächlich der Lösung der Frage näher zu bringen.

Frägt man sich, inwiefern sich die Anordnungen von Versuch 2 von denen 3 und 3a unterscheidet, so ergibt sich sofort, daß es hier (bei 2) ebenso wie im Anstriche zufolge der Lage der einzelnen Zinkteilchen Zn und der dieselben umhüllenden Kapillarmembranen, niemals zu direkten durch metallischen Kontakt hervorgerufenen Strömen kommen kann, wie bei 3 und 3a

und wie sie jenen vorgeschwebt haben mögen, die ursprünglich metallisches Zink in Rostschutzfarben einführten, sondern höchstens nur zu schwachen Konzentrationsströmen.

Werden zwei gleichartige Metallstücke in zwei verschieden konzentrierte, sich berührende Salzlösungen von gleicher qualitativer Zusammensetzung gebracht, so entstehen derartige Konzentrationsströme, die ja bekanntlich auch dann auftreten, wenn nur ein Metallstück in eine entmischte (oder ungleich erwärmte) Lösung eingetaucht wird, wobei die unteren Schichten konzentrierter sind wie die oberen und auch stärker erregt werden; es fließt dann ein Strom von unten nach oben durch das Metall und von oben nach unten durch den Elektrolyten. Nun werden derartige Konzentrationsströme wohl die einzige Form sein, in welcher elektrische Energie in einem Anstriche aufzutreten vermag; daß die Intensität derselben eine ungemein geringe sein muß, ist naheliegend. Zwar werden diese Ströme ein Wandern der Ionen im Sinne der Pfeile der Figur 14 bewirken, ein großer Teil der ohnedies geringen Energie wird aber durch den zwar nicht großen, aber immerhin vorhandenen Widerstand der Farbmembranen verbraucht, sodaß sich schließlich nur wenig H-jonen am Eisen entladen werden. Die Zahl derselben reicht anfangs hin, um die Bildung von Oxyduloxyd oder Oxyd zu verhindern, genügt aber nicht mehr, um eine andere, mächtig einsetzende Wirkung aufzuhalten und zwar die des im Wasser gelösten Luftsauerstoffes. Umsomehr, wenn diese noch durch Einfluß der Cl und SO_4-jonen des Seewassers unterstützt wird. Es kommt zur Bildung eines niederen Oxydes FeO oder $Fe_7\,O_9$. Im Maße jedoch als im Verlaufe des elektrolytischen Vorganges die Konzentrationsströme schwächer werden, und die wirksamen Zinkteilchen allmählich in Zn O übergehen, macht sich der oxydierende, ev. vom dissozierten Elektrolyten beförderte Einfluß des von der Wasseroberfläche stets von neuem aufgenommenen Sauerstoffes immer bemerkbarer. Die ursprünglich entstandenen niederen Oxydationsstufen gehen in $Fe_2\,O_3$ über, es bildet sich gelber Eisenrost, der allerdings, solange sich noch ein Einfluß des Zinks bemerkbar macht, nie die Bösartigkeit des ungehindert entstehenden, festhaftenden Eisenrostes aufweist.

Dies ist in knappen Worten der Vorgang, wie er sich in zinkhaltigen Anstrichfarben abspielt. Aus dem Gesagten geht deutlich hervor, daß zur sicheren Rostverhütung vor allem metallische Berührung erforderlich ist, welche Unterschiede in den Widerständen schafft und die Entstehung kräftiger Ströme sichert (Fig. 13,3 und 13,3 a).



Da aber das Zink im Anstriche durchaus nicht jene Verhältnisse findet, die zur kräftigen Strombildung führen könnten, kann es auch nicht erfolgreich gegen Rost schützen.

Allerdings ist, wenn auch die metallische Berührung zwischen Fe und Zn fehlt, noch immer eine Wirkung des Zn insoweit bemerkbar, als auf Grund von elektrischen Vorgängen (von Strömen, die in Konzentrationsschichten u. dergl. ihre Entstehungsursache haben), nur niedere Oxydationsstufen des Eisens entstehen, mit anderen Worten, das Zink wirkt rostverzögernd (Fig. 13, 2).

Hat Spennrath auch in seiner Eingangs angeführten Ansicht insofern Unrecht, als die das Zink umhüllenden Farbmembranen nicht stromundurchlässige Isolatoren sind, wie man seither annahm, so ist schließlich die Ursache der unvollkommenen Wirksamkeit des Zn vor allem im mangelnden Kontakte, und erst in zweiter Linie in den dielektrischen Eigenschaften der Membranen, die die Ionenwanderung zum Teil hemmen, zu suchen.

Andererseits aber wird es wohl kaum gelingen, in Rostschutzfarben-Verhältnisse zu schaffen, welche es den metallischen Beimengungen ermöglichen, in der in Fig. 13, 3 oder 13, 3a angedeuteten Weise sicher zu wirken.

Um kurz zu rekapitulieren, sind also die Kriterien, auf welche in erster Linie zu achten wäre:

a) metallischer Kontakt zwischen Farbkörper und Eisen,
b) geringstmöglicher Widerstand der Farbenmembranen, sowie höchst mögliches Potential des metallischen Körpers.

Außerdem sind aber die bekannten, für erfolgreichen Rostschutz unerläßlichen Bedingungen (vergl. Schiffsbodenfarben Seite 11/12), sowie die schon oft betonte Tatsache nicht aus dem Auge zu lassen, daß der Anstrich die Eisenoberfläche vollkommen bedecke, daß jede Fernwirkung des Zinks direkt ausgeschlossen ist.

Dabei darf aber nie vergessen werden, daß die Teile einer Schiffsbodenbeplattung, sowie jeder Eisenkonstruktion überhaupt, nicht nur untereinander, sondern sogar in sich selbst nicht etwa elektrisch indifferent, sondern stark erregbar sind, derart, daß darin stets eine Unzahl von Strömen kreist, deren Intensität mit den geringsten äußeren Einflüssen, Temperaturdifferenzen usw. wechselt.

Ich hatte bei Galvanometermessungen häufig genug Gelegenheit, mich davon zu überzeugen, daß Eisenstreifen, nur einige Millimeter breit, nebeneinander aus ein und demselben Bleche herausgeschnitten, in Seewasser zu



einem Paar vereinigt, trotz peinlichster Reinigung mächtige Ausschläge gaben, die wohl nur auf chemische Verschiedenheit der knapp aneinander stoßenden Partien zurückzuführen sind.

Ist Feuchtigkeit an der Oberfläche des Eisenkörpers, so üben diese Ströme darauf sicherlich einen Einfluß aus, der sich mit dem des Rostschutzanstriches decken, letzterem aber auch entgegenwirken und ihn ganz illusorisch machen kann.

Auch die von L. E. Andés*) beobachtete Erscheinung, daß unter gleichen Verhältnissen im Freien lagernde Eisenrohre ganz verschiedene Rostbildung zeigen, kann in der mit dem Galvanometer leicht nachweisbaren Oberflächenverschiedenheit und in den damit zusammenhängenden, elektrischen Erscheinungen ihre Ursache haben. Der ebenfalls von Andés beobachtete Umstand, daß die Einwirkung von Wasser, Säuren und Kochsalz und anderen Rostbildnern auf Eisenbleche unter ganz gleichen Verhältnissen und auf denselben Abschnitten doch nicht den gleichen Effekt hervorruft, dürfte gleichfalls in obigen Erscheinungen eine Erklärung finden.

*) Andés, Der Eisenrost.

XVIII. Gleiche Stromart und Spannung der elektrischen Anlagen an Bord von Schiffen.

*Von C. **Schulthes** - Berlin.*

Als der Verfasser dieser Zeilen vor nunmehr zwei Jahren am 27. November 1902 in der Jahresversammlung der Schiffbautechnischen Gesellschaft zu Berlin den Vorschlag machte, es möge angeregt werden, daß international für alle Schiffe eine bestimmte Stromart und Spannung für die elektrischen Anlagen an Bord von Schiffen festgesetzt werden sollte, griff die Gesellschaft diesen Vorschlag auf und der geschäftsführende Vorsitzende, Herr Geheimrat Busley, erklärte in der Sitzung:

„Ich habe namens des Vorstandes zu erklären, daß wir dem Herrn Direktor Schulthes außerordentlich dankbar sind für die von ihm gegebene Anregung, die Spannung der elektrischen Leitungen an Bord auf eine bestimmte Anzahl von Volt festzusetzen. Wir werden den Verband deutscher Elektrotechniker bitten, uns diejenige Spannung zu bezeichnen, welche er nach seinen weitreichenden Erfahrungen als die zur allgemeinen Einführung an Bord geeignetste betrachtet. Wenn wir uns in Deutschland hierüber einig sind, dürfte es bei unseren guten Beziehungen zur Institution of Naval-Architects und zur Association Technique Maritime nicht schwer werden, auch in England und Frankreich eine eingehende Prüfung unserer Vorschläge zu bewirken, welche dann hoffentlich zu der erwünschten internationalen Übereinstimmung führen wird.“

In den nun folgenden Jahren ist die Frage in eifriger Arbeit weiter verfolgt worden, und es dürfte an der Zeit sein, über diese Arbeiten in zusammenfassender Weise hier zu berichten.

Dem vorstehend wiedergegebenen Beschlusse des Vorstandes der Gesellschaft wurde Folge gegeben und der Vorstand des Verbandes Deutscher Elektrotechniker verwies die Frage an eine seiner Kommissionen zur weiteren Verhandlung. Diese bearbeitete das Material und in der XI. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker in Mannheim im Juni 1903, konnte über diese Frage im wesentlichen wie folgt berichtet werden:



Gegen Ende des vorigen Jahres hat sich die Schiffbautechnische Gesellschaft an den Verband mit dem Ansuchen gewandt, die Frage zu studieren, ob sich Stromart und Spannung in den Starkstromleitungen auf Schiffen allgemein festsetzen ließen. Dieses Ansuchen erschien dem Vorstande so wichtig, daß er die Kommission für Maschinennormalien beauftragte, unter Zuziehung von Sachverständigen in Schiffsinstallationen Vorschläge für die Normalisierung von Stromart und Spannung auf Schiffen auszuarbeiten. Die Vorschläge der Kommission und ihre Begründung sind in der Elektrotechnischen Zeitschrift, Heft 21, veröffentlicht worden, sie lauten wie folgt:

Kommissionsbeschluß.

Es wird nach dem heutigen Stande der Elektrotechnik für die Licht- und Kraftanlagen auf Schiffen Gleichstrom empfohlen.

Die Spannung soll im allgemeinen Schiffsnetz 110 V betragen.

Bei etwaiger Verwendung von Wechselstrom ist wenigstens für die Lichtanlagen ebenfalls eine Spannung von 110 V zu wählen: stets muß jedoch Vorsorge getroffen werden, daß die effektive Spannung zwischen irgend einer Leitung und dem Schiffskörper 70 V nicht überschreiten kann.

I. Begründung für die Empfehlung des Gleichstromes.

1. Die Gleichstrommotoren sind nach dem heutigen Stande der Elektrotechnik infolge ihrer besseren Regulierfähigkeit gerade für die Kraftanlagen an Bord von Schiffen geeigneter.

2 In bezug auf Lebensgefahr ist der Gleichstrom weniger gefährlich als Wechselstrom von gleicher effektiver Spannung.

3. Die Kriegsmarine ist schon wegen ihrer Scheinwerfer auf Gleichstrom angewiesen. Eine einheitliche Stromart für Kriegs- und Handelsmarine liegt nicht nur im Interesse der Schiffahrt, sondern auch im Interesse der elektrotechnischen Industrie und erfordert daher eine Berücksichtigung dieses Umstandes, der für die Handelsschiffe vielleicht nicht so ins Gewicht fällt.

4. Das Kabelnetz wird bei dem für Kraftanlagen augenblicklich somit nur in Frage kommenden Drehstrom unübersichtlicher. Da die drei Leitungen wegen ihrer Induktionswirkungen in einem Kabel verlegt werden müssen, ist dieses, namentlich für größere Motoren, seines Querschnittes wegen sehr schwer zu verlegen. Auch sind Abzweigungen schwierig auszuführen.

5. Bei den Handelsschiffen überwiegt im allgemeinen der Strombedarf für Beleuchtung.

6. Der bisher meistens für Wechselstrom angeführte Vorteil der Nichtbeeinflussung der Kompasse fällt weniger ins Gewicht, da sich diese Beeinflussung auch bei Gleichstrom durch richtige Verlegung der Kabel, sowie Bau und Aufstellung der Motoren vermeiden läßt.

7. Da erhebliche Fortschritte auf dem Gebiete der Wechselstromtechnik für Kraftanlagen nicht ausgeschlossen sind, außerdem besondere Anforderungen für einzelne Schiffe die Anwendung dieser Stromart bedingen können, so wird der Gleichstrom nicht vorzuschreiben sondern nur zu empfehlen sein.

II. Begründung der Spannung von 110 V.

1. Die Spannung ist eine auch in Landanlagen gebräuchliche; Lampen, Motoren und Apparate für diese Spannung sind daher vorrätig.

2. Die Spannung stellt einen Wert dar, bis zu welchem man nach den bisherigen Erfahrungen im Interesse der an Bord sehr schwierigen Isolation unbedenklich gehen kann. Als Mindestgrenze gewährleistet sie eine hinreichende Verminderung des Leitungsquerschnitts.

3. Sie wird nur für das allgemeine Leitungsnetz vorzuschreiben sein, da besondere Anlagen — meist durch Umformer betrieben — eine niedrigere oder höhere Spannung bedingen können. In letzterem Falle wird die höhere Spannung meistens nur vorübergehend auftreten und daher unbedenklich sein, abgesehen davon, daß es sich dann wohl um kleine abgeschlossene Stromkreise handelt.

III. Spannung für Wechselstrom.

Für die etwaige Verwendung von Wechselstrom lassen sich Phasenzahl, Spannung und Frequenz nicht allgemein festlegen.

Wenigstens muß aber auch für diese Anlagen die Möglichkeit gewahrt werden, den Strombedarf für Licht vom Land oder von einem anderen Schiff zu decken. Daher ist auch bei Wechselstromanlagen, wenigstens für die Lichtanlagen eine Spannung von 110 V. vorzuschreiben. Gemäß dem unter I, 2 Gesagten muß bei Wechselstrom stets die Vorsicht beobachtet werden, daß die Spannung zwischen irgend einer Leitung und dem Schiffskörper 70 V nicht überschreiten kann.

Normalien dieser Art können nur dann ihren Zweck ganz erfüllen, wenn sie internationale Anerkennung finden. Um eine solche Anerkennung in die Wege zu leiten, hat der Verband die Kommissionsvorschläge dem englischen Engineering Standard Committee mitgeteilt und gemeinsame Bearbeitung dieses Gegenstandes angeregt und zugesagt erhalten“.

Herr Marine-Baumeister Grauert führte in der Mannheimer Versammlung u. a. das Nachstehende an:

„Wenn auch die Marine in vielen Beziehungen mit Rücksicht auf die besonderen Anforderungen, die an die elektrischen Anlagen an Bord ihrer Schiffe gestellt werden, gezwungen ist, eigene Wege zu gehen, so legt sie doch großen Wert darauf, daß, wenn eine Normierung von Spannung und Stromart für Schiffsanlagen überhaupt festgelegt wird, eine derartige Vereinbarung getroffen wird, die es ermöglicht, die Vorteile, die aus einer derartigen einheitlichen Behandlung der Sache erwachsen, auch für die Marine nutzbar zu machen. Die Vorteile, die aus einer Normierung von Spannung- und Stromart für elektrische Schiffsanlagen erwachsen, sind bekannt; sie haben seinerzeit Anlaß gegeben, daß diese Frage überhaupt von der Schiffbautechnischen Gesellschaft angeschnitten wurde.

„Ein besonders wesentlicher Vorteil für die Normierung liegt auch auf Seiten der elektrischen Industrie, und ich glaube, daß deswegen auch die Vorschläge bei dieser auf freundlichen Widerhall rechnen dürfen; denn die Entwickelung der elektrischen Schiffsanlagen bedingt den speziellen Ausbau einer ganzen Reihe von Apparaten und Maschinen, die den besonderen An-



forderungen des Borddienstes angepaßt werden müssen. Es liegt deshalb auf der Hand, daß diese Anpassung und die Forderung von Spezialkonstruktionen, die in den letzten Jahren überaus erfreuliche Fortschritte gemacht haben, besonders erleichtert wird, wenn eine einheitliche Stromart und eine einheitliche Spannung festgelegt wird, weil der Konstrukteur, der irgend welche Maschinen für Schiffszwecke konstruieren will, gleich von vornherein weiß, mit welcher Spannung, mit welcher Stromart er zu rechnen hat."

„Wir sind auch durchaus einverstanden, daß es zweckmäßig sein dürfte, um die Vorteile dieser Normierung noch größer werden zu lassen, auch eine Vereinbarung mit der entsprechenden englischen, elektrotechnischen Gesellschaft zu veranlassen."

Zum Schlusse wurde die Kommission mit der weiteren Bearbeitung des Materials beauftragt und der Vorsitzende der Mannheimer Versammlung, Herr Geheimrat, Professor Dr. Ulbricht faßte den Beschluß wie folgt zusammen:

„Im großen und ganzen sind wir der Ansicht, daß die Spannung von 110 Volt außerordentlich große Aussicht auf Annahme hat. Es ist aber sehr gut, wenn wir uns die Hände noch nicht binden und ich möchte deshalb empfehlen, daß wir eine Konstatierung, die schon eine Art von Beschluß sein würde, nicht vornehmen, und daß wir uns darauf beschränken, von allen Mitteilungen Kenntnis zu nehmen, im übrigen aber es der Kommission, der wir ihr Fortbestehen bestätigen, vertrauensvoll überlassen, die Sache nach den verschiedenen gegebenen Andeutungen hin in der besten Weise weiter zu führen.

Die Kommission besteht fort mit der Weisung, sich mit dem englischen Engineering Standard Committee in Verbindung zu setzen in Bezug auf Stromart und Spannung von Schiffen."

Dieser Weisung folgend wurde nun weiter gearbeitet und in der XII. Jahresversammlung des Verbandes deutscher Elektrotechniker am 24. Juni 1904 konnte der Verfasser über die Angelegenheit wie folgt referieren:

„Der Verbandstag in Mannheim beauftragte die Kommission, mit dem englischen „Engineering Standard Committee" wegen Einführung normaler Stromart und Spannung an Bord von Schiffen unter Zugrundlegung der Kommissions-Beschlüsse, wie sie s. Zt. in der Elektrotechnischen Zeitschrift 1903 Seite 401 veröffentlicht waren (vgl. oben S. 428), in Verhandlungen zu treten und wenn möglich, übereinstimmende Beschlüsse herbeizuführen. Dieses geschah, indem nach einigen schriftlichen Verhandlungen Herr Kapp, General-Sekretär des Verbandes deutscher Elektrotechniker, einer Sitzung des Engineering Standard Committee in London beiwohnte und dem Committee unsere Vor-



schläge unterbreitete. Der Erfolg war, daß das Engineering Standard Committee folgende Beschlüsse faßte:

„Einstimmig wird der Dank des Sub Committees des Engineering Standard Committee der deutschen Kommission dafür ausgesprochen, daß sie diese wichtige Sache bei dem englischen Committee in Anregung gebracht hat. Besonders wird noch gewünscht die Anerkennung des Wertes der Zusammenarbeit beider Kommissionen zum Ausdruck bringen, sowie zu danken, daß Herr Kapp delegiert war, die Sache persönlich vorzubringen."

Als technisches Resultat wird beschlossen: „daß das Engineering Standard Committee nicht beabsichtigt, Wechsel- oder Drehstrom an Bord von Schiffen zuzulassen, sondern, nachdem die durch Herrn Kapp dargelegten Vorschläge der deutschen Kommission angehört und beraten sind, mit demselben ohne Einschränkung übereinstimmt, daß Gleichstrom verwendet werden soll."

„In bezug auf die Spannung stimmt das englische Komitee auch im allgemeinen mit dem Vorschlage der deutschen Kommission überein, jedoch soll hierüber erst eine definitive Ansicht gefaßt werden, wenn die Ansicht der englischen Admiralität erfragt und beraten ist."

Diese Antwort der englischen Admiralität erkannte nun gleichfalls den Gleichstrom als richtige Stromart an, man wollte jedoch nicht von der üblichen Spannung von 100 Volt abgehen, wofür Gründe nicht angegeben sind. Auch behielt sich die Admiralität vor, später eventuell auf 220 bis 230 Volt Zweileiter (nicht mit Mittelleiter) überzugehen.

Wir korrespondierten alsdann mit dem englischen Komitee unter Einsendung von Material weiter und kamen zu der Ansicht, daß unseren Vorschlägen seitens aller maßgebenden Herren des Engineering Standard Committee zugestimmt wird.

Wir können also fest annehmen, daß ein solcher Beschluß in England in den nächsten Tagen gefaßt wird. Die deutsche Marine hat bereits Gleichstrom von 110 Volt vorgeschrieben, das Reichs-Marine-Amt hat leider in diesem Jahre einen Delegierten zu unserer Jahresversammlung nicht entsenden können, die dort herrschenden Ansichten aber sind uns ja bekannt. Auch hat das Reichs-Marine-Amt um Abschrift der gefaßten Beschlüsse gebeten.

Technisch ist zu erwähnen, daß neues Material für die Beurteilung der Frage nur durch eine Eingabe des Herrn Dr.-Ing. Conrad Arldt vom 13. Juni 1904 also ganz neueren Datums vorliegt. Er beantragt Abänderung der s. Zt. in der Elektrotechnischen Zeitschrift veröffentlichten Vorschläge der deutschen Kommission und schlägt eine neue Fassung vor.



Die Kommission hat nun beschlossen, diesen Anträgen des Herrn Dr.-Ing. Arldt nicht Folge zu geben, da ausschlaggebende neue technische Gesichtspunkte nicht vorgebracht sind, sondern die Gründe, welche der Kommission s. Zt. 1903 als maßgebend für die Vorschläge galten, auch heute noch gelten. Auch sonst sind neuere ausschlaggebende technische Gründe, welche eine Aenderung des Standpunktes der Kommission erwünscht erscheinen lassen, nicht aufgetreten.

Die Erwägung jedoch, daß die Engländer den Wechsel- und Drehstrom ganz ausschließen, hat mit Rücksicht darauf, weil schon seiner Zeit die deutsche Kommission den Drehstrom nur als eventuell zulässig bezeichnete, dazu geführt, daß die heutige Kommissionssitzung beschlossen hat, vorzuschlagen, folgenden Beschluß anzunehmen.

„Als normale Stromart an Bord von Schiffen gilt Gleichstrom, als normale Spannung 110 Volt an den Verbrauchsstellen unter Verwendung des Zweileitersystems."

I. Begründung für die Empfehlung des Gleichstromes.

1. Die Gleichstrommotoren sind nach dem heutigen Stande der Elektrotechnik infolge ihrer besseren Regulierfähigkeit gerade für die Kraftanlagen an Bord von Schiffen geeigneter.

2. In bezug auf Lebensgefahr ist der Gleichstrom weniger gefährlich als Wechselstrom von gleicher effektiver Spannung.

3. Die Kriegsmarine ist schon wegen ihrer Scheinwerfer auf Gleichstrom angewiesen. Eine einheitliche Stromart für Kriegs- und Handelsmarine liegt nicht nur im Interesse der Schiffahrt, sondern auch im Interesse der elektrotechnischen Industrie und erfordert daher eine Berücksichtigung dieses Umstandes, der für die Handelsschiffe vielleicht nicht so ins Gewicht fällt.

4. Das Kabelnetz wird bei dem für Kraftanlagen augenblicklich nur in Frage kommenden Drehstrom unübersichtlicher. Da die drei Leitungen wegen ihrer Induktionswirkungen in einem Kabel verlegt werden müssen, ist dieses, namentlich für größere Motoren, seines Querschnittes wegen sehr schwer zu verlegen. Auch sind Abzweigungen schwierig auszuführen.

5. Bei den Handelsschiffen überwiegt im allgemeinen der Strombedarf für Beleuchtung.

6. Der bisher meistens für Wechselstrom angeführte Vorteil der Nichtbeeinflussung der Kompasse fällt weniger ins Gewicht, da sich diese Beeinflussung auch bei Gleichstrom durch richtige Verlegung der Kabel, sowie Bau und Aufstellung der Motoren vermeiden läßt.

II. Begründung der Spannung von 110 V.

1. Die Spannung ist eine auch in Landanlagen gebräuchliche; Lampen, Motoren und Apparate für diese Spannung sind daher vorrätig.

2. Die Spannung stellt einen Wert dar, bis zu welchem man nach den bisherigen Erfahrungen im Interesse der an Bord sehr schwierigen Isolation unbedenklich gehen kann. Als Mindestgrenze gewährleistet sie eine hinreichende Verminderung des Leitungsquerschnittes.

Dieser Antrag wurde einstimmig angenommen.

Es mag hier gleich erwähnt sein, um jedem Mißverständnis vorzubeugen, daß unter „Zweileitersystem" hier nicht das System der besonders verlegten

Rückleitung gemeint ist, sondern das Wort „Zweileitersystem“ lediglich ein Gegensatz zum Drei- und Mehrleitersystem sein soll. Den Schiffskörper als Rückleitung zu benutzen, also als zweiten Leiter des Zweileitersystems, ist hierdurch nicht ausgeschlossen. Diese Frage hat auch mit der Normalisierung der Stromart und Spannung nichts zu tun.

Die Schiffbautechnische Gesellschaft hat nun die weiteren Arbeiten in die Hand genommen. Es sind dieses die Verbreitung dieser Beschlüsse in England, Frankreich und den anderen Ländern und die Annahme derselben durch die Reedereien, die Werften und die Klassifikationsgesellschaften, sowie, wenn möglich, auch seitens der verschiedenen Kriegsmarinen.

Erwähnt sei, daß die deutsche Klassifikationsgesellschaft, der Germanische Lloyd, und der Verein Deutscher Schiffswerften bereits diesen Beschluß gefaßt haben.

Es sei gestattet, die seinerzeit gegebene Begründung für die Einführung gleicher Stromart und Spannung für elektrische Anlagen an Bord von Schiffen hier zu wiederholen.

Sie lautete:

Wenn dieser Beschluß international zur Durchführung kommt, könnten überall in allen Häfen einesteils die Lampen sowie die gangbarsten Reserveteile stets vorrätig und somit leicht erhältlich sein, wodurch der Schiffahrt in jeder Beziehung gedient wäre, andererseits aber wäre ein ganz unschätzbarer Vorteil der, daß z. B. ein Schiff, welches in den Hafen kommt, sofort alle Kessel auslöschen kann, es schließt einfach das Schiffsschaltbrett durch fliegende Kabel mit Steckkontakten an die Hafenzentrale oder an ein zu diesem Zwecke am Pier installiertes Umformeraggregat an, und das Schiff kann nicht allein seine Beleuchtung, sondern auch seine sämtlichen elektrischen Winden zum Löschen und Laden sofort gebrauchen, es wird an Mannschaft zu den Überholungsarbeiten der Maschinen und Kessel gespart, und vor allem wäre eine ganz enorme Kohlen- und Geldersparnis hierdurch ermöglicht. Von noch weiterem, ganz besonderem Werte wäre es für den Fall von Havarien. Versagen z. B. durch Vollaufen der Kesselräume, durch Rohrbruch usw. die Dampfanlagen auf See oder in Strandungsfällen, so kann ein beliebiger Dampfer Hilfe bringen. Ankerspill, Ladewinden und vor allen Dingen Pumpen werden, letztere auch, wenn sie in Räumen liegen, die vollgelaufen sind, sofort betriebsfähig, und manche wertvolle Ladung könnte gerettet werden, welche jetzt unrettbar verloren gehen muß, weil die Kraft zum Löschen derselben fehlt. Manches schöne Schiff, dessen Pumpen nicht mehr betrieben werden können, würde gerettet werden, und die Bergungsarbeiten würden in jedem Falle bedeutend erleichtert. Ein hohes Ziel, welches aber durchaus erreichbar ist.

Dies gilt noch heute, und die Fortschritte, welche die Elektrotechnik in der letzten Zeit in so erheblichem Maße gemacht hat, weisen gebieterisch darauf hin, ihre Vorteile auch der Schiffahrt voll und ganz zugute kommen zu lassen wozu auch die Regelung dieser Frage wesentlich beitragen würde.

XIX. Der Bau von Schwimmdocks.

Von ***A. F. Wiking****-Stockholm.*

Bei der Untersuchung von Schwimmdocks sind verschiedene Verhältnisse von besonderem Interesse und verlangen eine ausführliche Betrachtung. Es sind dies

1. die Hauptabmessungen und die Tragfähigkeit,
2. die Stabilität,
3. die Festigkeit,
4. die Bauart,
5. die Ausrüstung, der Betrieb, und
6. die Instandhaltung.

Ein jeder dieser Punkte soll hier besonders betrachtet werden, trotzdem kann ein Anspruch auf erschöpfende Behandlung des Gegenstandes nicht erhoben werden. Die Literatur hierüber ist ziemlich kärglich, und die Grundsätze, auf welchen sich die Theorie über Schwimmdocks aufbaut, sind mehr oder weniger Ansichtssache und lassen der Erörterung und der Kritik weiten Spielraum.

Wenn diese Abhandlung Veranlassung zu einem Meinungsaustausche und zu Vergleichen der verschiedenen Erfahrungen von Fachleuten werden könnte, so würde der Hauptzweck derselben erfüllt sein.

Die Gattung der Schwimmdocks besteht aus dem altehrwürdigen, frei schwimmenden Doppelseiten-Dock (U-Dock) und den einseitigen Docks jüngeren Datums (L-Docks). Von letzteren sind zu unterscheiden solche mit Seitenpontons zur Erhaltung der Stabilität und diejenigen, welche am Ufer seitlich befestigt sind und sich auf dieses stützen. Die erstgenannten beiden Arten sind vom Ufer unabhängig und können entfernt davon im freien Wasser verankert werden. Sie können verholt werden und sind sofort betriebsfähig, sobald sie durch einen Anker oder in anderer Weise festgelegt worden sind. Die Letzteren können nur an einer bestimmten Stelle des Ufers benutzt werden,



sodaß sie in Bezug auf Beweglichkeit mit den Trockendocks auf eine Stufe gestellt werden müssen. Diese Docks werden im Englischen „Offshore“-Docks genannt, obgleich sie besser „Onshore“-Docks heißen sollten.

Bei der Besprechung der oben erwähnten Punkte mögen die beiden Dockarten, welche vom Ufer unabhängig sind, zusammen behandelt werden, wobei natürlich die vorhandenen Unterschiede betont werden müssen.

Allgemeine Angaben.

Bestimmend für den Entwurf eines Schwimmdocks sind außer den Abmessungen und dem Gewichte des größten in Frage kommenden Schiffes auch noch sein Typ, das heißt, sei es entweder ein Kriegs- oder Handelsschiff, oder ein Fahrzeug für besondere Zwecke. Die Einrichtungen und Anforderungen für das Eindocken schwerer Panzerschiffe sind andere als für Handelsschiffe oder leichte Kreuzer und werden im allgemeinen von den betreffenden Marinebehörden besonders bestimmt. Deshalb ist im folgenden von den Einrichtungen für die Trockensetzung schwerer Panzer abgesehen worden.

Was die Dockung von Schiffen besonderer Bauart anbelangt, so ist die Zahl derselben in der Tat eine sehr beschränkte. Mit alleiniger Ausnahme der veralteten Popoffka-Klasse, deren ungewöhnliche Form den Bau einseitiger Docks von besonderer Konstruktion erforderlich machte, erübrigen sich im allgemeinen bei der Konstruktion von Schwimmdocks Rücksichten auf Fahrzeuge von besonderer Art oder für Spezialzwecke.

Diese Abhandlung bezieht sich daher nur auf Handels- und Kriegsschiffe leichterer Bauart.

Die Aufgabe, deren Lösung hier angestrebt wird, ist also der Bau eines Schwimmdocks zur Aufnahme eines schnellen Kreuzers von 115 m Länge in der Wasserlinie, 14,8 m Breite und 5,16 m Tiefgang mit einem Deplacement von 4126 t. Der Schwerpunkt des vollständig ausgerüsteten Schiffes soll sich 5,43 m über Oberkante Kiel befinden.

Der Charakter der Linien, die Deplacementsskala, die Kurven für die Trägheitsmomente der Wasserlinien, für die Deplacements-Schwerpunkte usw. sind in Fig. 1 angegeben.

Das gleiche Dock soll ferner imstande sein, einen Frachtdampfer von denselben Abmessungen wie der erwähnte Kreuzer aufzunehmen. Die Angaben für ein solches Schiff von 116 m Länge und 14 m Breite sind aus Fig. 2 zu ersehen.

Der schnelle Kreuzer ist im Verhältnis zu einem gleich großen und gleich schweren Handelsdampfer ein Schiff von schärferen Linien und in der Regel mit höherer Schwerpunktslage, mit anderen Worten, ein Fahrzeug, welches an die Stabilität des Docks höhere Ansprüche stellt als das Handelsschiff.

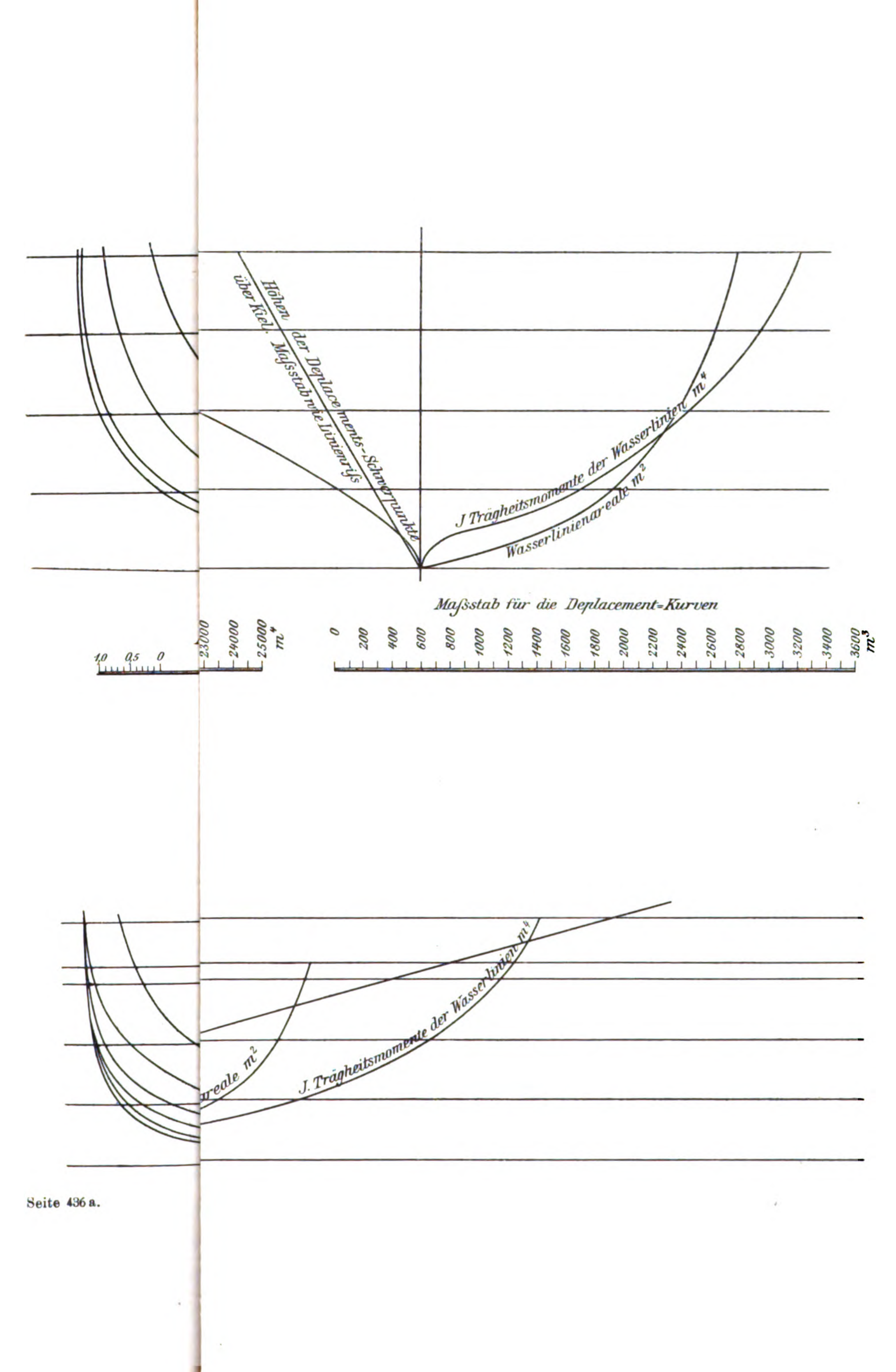
Dies ist für gewöhnlich der Fall, jedoch ist auch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß durch irgend ein anderes, in seinen Abmessungen und seinem Gewichte der Tragfähigkeit des Dockes entsprechendes Schiff die Stabilitätsverhältnisse desselben auf eine schärfere Probe gestellt werden können, als durch einen Kreuzer, wie dies z. B. bei einem großen Eisbrecher oder einer schweren Lustjacht unter Umständen der Fall sein könnte. — Für die vorliegende Aufgabe gilt jedoch allgemein als Regel, daß ein gewöhnlicher Handelsdampfer, der in Bezug auf seine Abmessungen und sein Gewicht der Leistungsfähigkeit des Projektes entspricht, auch mit Sicherheit gedockt werden kann.

1. Hauptabmessungen und Tragfähigkeit.

Die Länge des Docks über die Stapelklötze gemessen muß im richtigen Verhältnis zur Länge des Schiffes stehen, obgleich es nicht erforderlich ist, daß die ganze Länge des Kieles durch die Stapelklötze getragen wird. Wenn die Enden des Schiffes besonders scharf sind, so ist es statthaft, einen angemessenen Teil seiner Länge über die totale Länge der Stapelklotzbahn überhängen zu lassen. Der Verfasser dieses dockte mehrfach einen mit scharfen Linien versehenen Passagierdampfer von ca. 48 m Länge in einem Dock von 27,5 m Länge, was einem Überhängen von 21 m oder etwa 44 % entspricht. Dieses ist natürlich ein Ausnahmefall, jedoch wurden auch Frachtdampfer (wenn auch mit nicht sehr vollen Formen) von 65,5 m Länge wiederholt in einem 45,7 m langen Dock trocken gestellt, was einem Überhängen von ungefähr 30 % entspricht. Nach den Erfahrungen des Verfassers ist es statthaft, selbst Schiffe mit volleren Linien auf einem 67 m langen Slip aufzunehmen, welche am hinteren Ende ca. 12 m, das ist 18 % ihrer Länge, überhingen. In keinem der genannten Fälle erlitt das Schiff irgend welchen Schaden. Es ist jedoch durchaus nicht die Absicht, diese Beispiele für alltägliche Verhältnisse zu empfehlen, die genannten Fälle sind vielmehr als Notfälle anzusehen.

In der Voraussetzung, daß der Dockbetrieb in den Händen von erfahrenen und gewissenhaften Leuten liegt, dürfte ein Überhängen von 6 % für jedes Schiffsende statthaft sein. Die totale Länge der Stapelklotzbahn ergibt sich für den erwähnten Kreuzer demgemäß zu 103 m. Da das Dock der Haupt-





Höhen der Deplacements-Schwerpunkte über Kiel. Maßstab wie Linienriß
J Trägheitsmomente der Wasserlinien m^4
Wasserlinienareale m^2
Maßstab für die Deplacement-Kurven
1,0 0,5 0
23000 24000 25000 m^4
0 200 400 600 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000 2200 2400 2600 2800 3000 3200 3400 3600 m^3
areale m^2
J. Trägheitsmomente der Wasserlinien m^4

Seite 436 a.

sache nach auch von kleinen Schiffen benutzt werden soll, so erscheint eine Teilung in zwei Sektionen geboten, von denen die eine 60 m, die andere 42 m Länge haben soll, und welche mit einem Abstande von 1 m untereinander verbunden sein sollen. Hierbei soll die gesamte äußerste Nutzlänge über die Stapelklötze, wie bemerkt, 103 m betragen.

Die Breite des betreffenden Kreuzers ist 14,8 m. Zwischen Schiff und Dockseite ist für die Stellagen ein Arbeitsraum von etwa 2 m erwünscht. Dies gibt eine Entfernung von Mitte Schiff bis Dockseite von ca. 9,5 m, oder bei einem zweiseitigen Dock von 19 m zwischen den Seitenwänden. Diese lichte Weite würde im Notfalle auch noch für ein Schiff von etwa 18,5 m Breite genügen, falls keine Arbeiten an den engsten Stellen im Dock zu verrichten wären. In einseitigen Docks (L-Docks) können noch breitere Schiffe untergebracht werden, wenn die Kielmitte des Schiffes von der Dockmitte nach auswärts gesetzt wird. In der Regel ist dies aber nur zuweilen bei Raddampfern erforderlich.

Der Tiefgang des Kreuzers sollte 5,16 m betragen. Beim Verholen in das Dock ist ein gewisser Abstand des Kiels über den Klötzen nötig; dieser möge zu etwa 300 mm angenommen werden. Ferner muß bei dem entsprechenden Docktiefgange ein angemessener Teil des Seitenkastens oder auch beider Seitenkästen über Wasser bleiben, dieser möge 1 m betragen. Diese drei Zahlen ergeben eine Höhe von $6^1/_2$ m zwischen Oberkante, Seitenkästen und Oberkante Stapelklötzen in Bezug auf die Anforderungen, welche für den Kreuzer gestellt werden müssen. Es wäre jedoch nicht ratsam, nur ein solches Mindestmaß zu berücksichtigen, da der Fall eintreten kann, daß Schiffe in sinkendem Zustande gedockt werden müssen, wobei leicht Tiefgänge von 6 m auftreten können. Hierfür empfiehlt es sich mit größeren Tiefen zu rechnen, und es möge daher eine Seitenkastenhöhe von 9,5 m in Anwendung gebracht werden. Wenn nun die Stapelklötze 1,2 m hoch sind, und im Notfalle die Seitenkästen ungefähr nur um 0,5 m über Wasser bleiben können, so kommen die Klötze mit ihrer Oberkante 7,8 m unter Wasser zu liegen. Unter Annahme eines Spielraumes von 0,5 m zwischen dem Kiele eines beschädigten Schiffes und den Klötzen, könnte also das Dock ein Schiff von etwa 7,3 m Tiefgang im äußersten Falle aufnehmen. Es kommen zwar Stapelklötze von geringerer Höhe bis zu 0,9 m herab vor, jedoch ist deren Anwendung im Interesse der Arbeiter und der Besichtiger nicht zu empfehlen; es sollte vielmehr stets auf eine Höhe von nicht weniger als 1,2 m gehalten werden.

Nachdem nun hiernach die Hauptabmessungen des Docks bestimmt worden sind, muß nun auch die Tragfähigkeit festgestellt werden.

Da es unmöglich erscheint, ein zu dockendes Schiff dergestalt auf die Klötze zu setzen, daß der Gesamt-Schwerpunkt von Dock und Schiff genau über dem Schwerpunkte des Dock-Deplacements zu liegen kommt, so hat man mit der Tatsache zu rechnen, daß mehr oder weniger Wasser nur für den alleinigen Zweck im Innern des Docks zu belassen ist, einen Ausgleich desjenigen Momentes zu erzielen, welches sich aus der mehr oder minder ungünstigen Lage dieser Schwerpunkte ergibt. Diese ungünstige Lage des Schiffes kann sowohl in der Quer- als auch in der Längsrichtung eintreten, weshalb ein angemessenes Maß an Tragfähigkeit für Reservezwecke vorhanden sein muß.

Um eine Übersicht über die Größe dieser Reserve-Tragfähigkeit zu erlangen, muß bemerkt werden, daß bei einer Abweichung des Schiffes von nur 2 m aus der richtigen Mittellage bereits ein Moment von $2 \times 4126 = \backsim 8000$ mt entsteht, welches durch entsprechende Mengen von Wasserballast im Innern des Docks ausgeglichen werden muß. Wenn es sich dann, nachdem das Dockwasser ausgepumpt worden ist, zufällig ereignet, daß der für die Ausbalancierung verbleibende Rest gerade in demjenigen Dockabteil sich befindet, welcher dem Angriffspunkte des Drehmomentes am nächsten liegt, so würde bei einem Hebelsarme von nur 20 m das Gewicht des zum Ausgleich erforderlichen Wassers 400 t betragen müssen.

Es kann dies dann namentlich leicht vorkommen, wenn die Bodenform eines zu dockenden Schiffes unbekannt, oder seine Ladung so gestaut ist, daß sein Tiefgang an einem Ende bedeutend größer als an dem anderen ist, wobei eine unrichtige Annahme des Schwerpunktes bis zu 3 m vollkommen entschuldbar ist. Es kann ungeachtet eines großen Überschusses an Tragfähigkeit auch vorkommen, daß es unmöglich ist, ein schlecht placiertes Schiff von etwa 4000 t Gewicht soweit zu heben, daß der Boden des Docks aus dem Wasser auftaucht. In solchem Falle muß das Schiff wieder zu Wasser und in der Längsrichtung auf den Klötzen entsprechend verschoben werden.

Eine andere Ursache des Verlustes an Tragfähigkeit besteht in dem Umstande, daß die Pumpen nicht alles Wasser aus dem Innern des Docks entfernen können, wenn nicht Sammelbrunnen unter jeder Saugleitung vorgesehen sind. Solche unterhalb des Dockbodens vorspringende Teile sind aber namentlich in flachem Wasser nicht erwünscht und werden daher in der Regel auch nicht angebracht. Man muß deshalb mit dem Umstande



rechnen, daß allein aus diesem Grunde ein Restwasser von mindestens etwa 0,15 m Höhe über dem ganzen Boden im Dock verbleibt. Zugegeben mag sein, daß bei langsamem und andauerndem Pumpen das Dock noch weiter entleert werden kann, immerhin aber ist es sicherer mit diesem Umstande zu rechnen und die genannte Zahl in Betracht zu ziehen.

Ein dritter Faktor, welcher bei der Festlegung der Docktiefe mit zu berücksichtigen ist, besteht in der Notwendigkeit, einen genügenden Freibord für das Dock zu haben. Als Mindestmaß wird hierfür 0,1 m in Rechnung zu setzen sein.

Nach vorstehendem muß somit die Tragfähigkeit des Docks ausschließlich des Eigengewichts auf 5000 t festgesetzt werden. Das Eigengewicht des angenommenen, zweiseitigen Docks (U-Dock, Fig. 3 und 4, sowie Fig. 20 und 21) betrage etwa 2710 t, wovon 1570 t auf den 60 m und 1140 t auf den 42 m langen Teil entfallen. Das Gewicht des hölzernen Bodens ist hierin nicht mit eingeschlossen.

Das Gesamtdeplacement der Bodenkästen allein beträgt nur 7650 t, also ungefähr 60 t weniger als wie oben angegeben. Hierdurch wird im schlimmsten Falle der Freibord nur wenig, d. h. ungefähr 20 mm geringer werden.

Ein einseitiges Dock (L-Dock) hat naturgemäß ein geringeres Eigengewicht und besitzt daher bei gleichen Abmessungen einen größeren Überschuß an Deplacement, wenn die Mittellinie der Stapelklötze soweit außerhalb des Schwerpunktes der vom Dock verdrängten Wassermasse angeordnet ist, daß das Moment aus diesem Hebelsarme und dem Gewichte des Schiffes durch die Differenz der Momente ausgeglichen wird, welche durch das Übergewicht der hohen gegenüber der niedrigen Dockseite entsteht. Ein solches Dock ist in Fig. 5 und 6 dargestellt.

Das Gewicht der 60 m langen Sektion beträgt 1465 t und 1080 t für die 42 m lange Abteilung.

2. Stabilität.

Die Stabilitätsverhältnisse einer Schwimmdockanlage werden durch folgende Faktoren bedingt:

a) Das Eigengewicht des Docks. Wenn sich der Schwerpunkt des Docks oberhalb des Deplacements-Schwerpunktes befindet, so ist die Wirkung desselben eine neigende; liegt dagegen dieser Schwerpunkt tiefer, so ist eine aufrichtende Wirkung vorhanden.



b. Die Größe und Lage der Wasserlinien des Docks. Die Wirkung dieser Fläche oder Flächen ist stets eine aufrichtende.

c) Das Gewicht des Ballastwassers, welches als Restwasser im Innern des leer gepumpten Docks verbleibt. Seine Wirkung hängt ab von der relativen Lage seines Schwerpunktes zu demjenigen des Deplacements, wie unter a angegeben.

d) Die Oberfläche des Ballastwassers, welche stets in neigendem Sinne wirksam ist.

e) Die Wasserlinie des Schiffes, welche stets aufrichtend wirkt.

f) Das Gewicht des Schiffes, das sich naturgemäß immer neigend zur Geltung bringt.

Einige kleine Ursachen, welche in aufrichtendem Sinne wirken, wie beispielsweise die Wasserlinien der Stapelklötze usw. sind so unbedeutend, daß sie vernachlässigt werden können.

Weiter entsteht ein neigendes Moment in dem beweglichen Ballastwasser, welches unter Umständen noch in den Tanks des Schiffes zurückgeblieben ist. Solches Ballastwasser darf erstens keinen freien Wasserspiegel haben, und zweitens muß der Überschuß an Stabilität so groß sein, daß der gefährliche Einfluß einer kleinen Menge dieser beweglichen Wassermasse nicht in Frage kommt. Es muß stets selbstverständliche Voraussetzung sein, daß das Schiff so vollkommen abgestützt ist, sodaß Dock und Schiff praktisch als ein zusammenhängendes Ganzes betrachtet werden können, wobei eine relative Verschiebung des Schiffes zum Dock als ausgeschlossen gelten kann.

Der Betrag an Reservestabilität bleibt der Wahl nach sorgfältiger Prüfung aller Verhältnisse überlassen. Ein geringer Betrag an Reservestabilität bewirkt ein empfindliches Dock, bei welchem sich schon geringe Gewichtsverschiebungen geltend machen, was aber im gewissen Sinne gefährlich genannt werden muß. Ein großer Betrag dagegen ergibt ein Dock, welches nur durch Verschieben größerer Wassermassen aus seiner normalen Lage gebracht werden kann, also ein Dock, welches auch eine weniger peinliche Aufsicht bei der Behandlung verträgt. Dasselbe ist jedoch, namentlich wenn es sich um ein zweiseitiges Dock handelt, eine kostspielige Anlage, sowohl in Bezug auf seinen Bau als auch auf den Betrieb. Es ist mehr Material für die Dockseiten aufzuwenden, ferner ist eine größere Arbeitsleistung notwendig, um das ganze System zu heben, da der Rauminhalt durch die Seitenkästen zugenommen hat. Bei einem einseitigen Dock mit Seitenkästen, wie in Fig. 5 und 6 angegeben

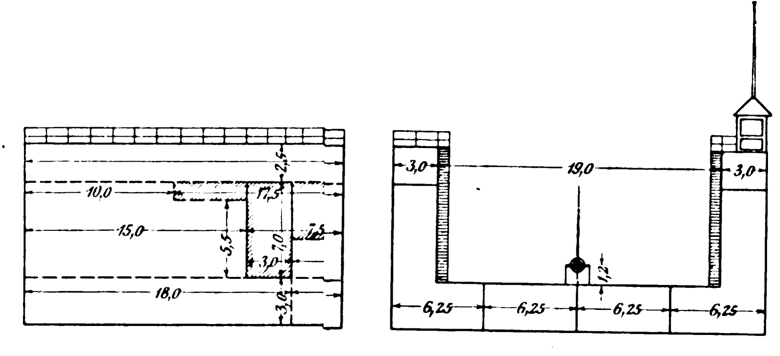


Fig. 4.

Fig. 6.

liegt die Frage der Pumpenarbeit anders. Der Arbeitsaufwand richtet sich hier hauptsächlich nach dem Inhalte der hohen Seite. Während die Stabilität in der Querrichtung leicht durch entsprechende Wahl der Abmessungen für die Seitenpontons vergrößert werden kann, ohne die hohen Seitenkästen zu verändern, nimmt die Arbeitsleistung mit steigender Stabilität in dieser Richtung nicht zu. Die Stabilität in der Längsrichtung dagegen hängt von dem hohen Seitenkasten ab und beeinflußt somit auch die Größe der Arbeitsleistung.

Die Reservestabilität wird am zweckmäßigsten durch die Vergrößerung der Höhenlage des Schiffsschwerpunktes gemessen, welche das Dock zuläßt. Wenn also die Stabilität des Docks für eine Erhöhung der Schwerpunktslage des Schiffes von 5,43 auf 9,7 m ausreicht, so kann man sagen, daß das Dock eine Reservestabilität von 78 % für das betreffende Schiff besitzt. Es mag zunächst die Frage offen bleiben, welche Zahl zugrunde gelegt werden muß, um ein sicheres Arbeiten des Docks zu erzielen, und soweit ein zweiseitiges Dock in Frage kommt, welche Kosten für den geringst möglichen Aufwand an Arbeitsleistung erforderlich sind.

Um die Zahl zu bestimmen, durch welche die Reservestabilität gemessen werden soll, ist zu überlegen, daß diese Zahl zunächst nur einen theoretischen Wert hat, und in Wirklichkeit die Verhältnisse weniger günstig ausfallen können als wie angenommen wurde, indem Winddruck und vielleicht auch Strömung im Wasser auf die Stabilität ihren Einfluß ausüben können. Ferner ist dabei zu berücksichtigen, daß ein Schwimmdock mit einem Schiffe auf seinen Klötzen eine viel zu kostbare Sache darstellt, um diese, sowie das Risiko des Dockbesitzers den Zufälligkeiten, welche sich aus mangelhafter Stabilität ergeben können, auszusetzen. Es ist daher nur ratsam, einen reichlichen Betrag von Reservestabilität vorzusehen, und dürften etwa 50 % in dem Sinne wie oben bezeichnet als durchaus angemessen betrachtet werden. Gleichzeitig sei zugegeben, daß das Maß von 78 % Reservestabilität etwas reichlich sicher bemessen ist, trotzdem besitzen die in Fig. 3 bis 6 projektierten Docks diesen Prozentsatz für den Kreuzer, wie weiter unten noch gezeigt werden soll.

a) Einfluß des Dockgewichtes.

Das Gesamtgewicht eines zweiseitigen Docks, wie in Fig. 3 u. 4 dargestellt, beträgt etwa 2710 t und die Schwerpunktslage dieses Gewichtes befindet sich 1,2 m über dem Deck des Docks, oder gerade in Höhe der Ober-



kante der Stapelklötze. Diese Zahlen sind durch genaue Rechnung festgelegt worden.

Wenn nun die Schwerpunktslage des ganzen schwimmenden Systems, — also Dock einschließlich Schiff — zu x Meter über dem Dockboden berechnet worden ist, so wird der Einfluß des Dockgewichtes gemessen durch den Koëffizienten 2710 (4,2—x). Ist 4,2 größer als x, dann ist ein neigender Einfluß vorhanden. Unmittelbar, nachdem der Kreuzer auf die Stapelklötze gesetzt worden ist, beträgt das Gesamtdeplacement 14571 t bei einer Schwerpunktslage von 3,94 m oberhalb Dockboden oder 0,26 m unter dem Schwerpunkte des Docks, folglich hat in dieser Position das System eine neigende Tendenz. Wenn nun das Dock sich hebt, so sinkt sein Deplacements-Schwerpunkt in Richtung des Bodens, wobei derselbe sich 1,5 m über dem Dockboden befindet, wenn das Deck des Docks eben mit dem Wasserspiegel zusammenfällt. In dieser Stellung liegt dann der Dock-Deplacements-Schwerpunkt 1,2+1,5=2,7 m unter dem System-Schwerpunkte des Docks. Es liegt sonach der System-Schwerpunkt des Docks immer über seinem Deplacements-Schwerpunkte, sodaß das Dockgewicht stets einen neigenden Einfluß ausüben muß, wenigstens stets in Verbindung mit dem in Frage kommenden Schiffe.

Es ist die Möglichkeit jedoch nicht ausgeschlossen, daß beim ersten Anheben des Systems der Dock-Schwerpunkt unterhalb des Gesamt-Deplazements-Schwerpunktes zu liegen kommt, wodurch eine aufrichtende Wirkung des Gewichtes entstehen würde. (Fig. 7, L-Dock). In der Regel wird jedoch das Dockgewicht eine neigende Wirkung ausüben.

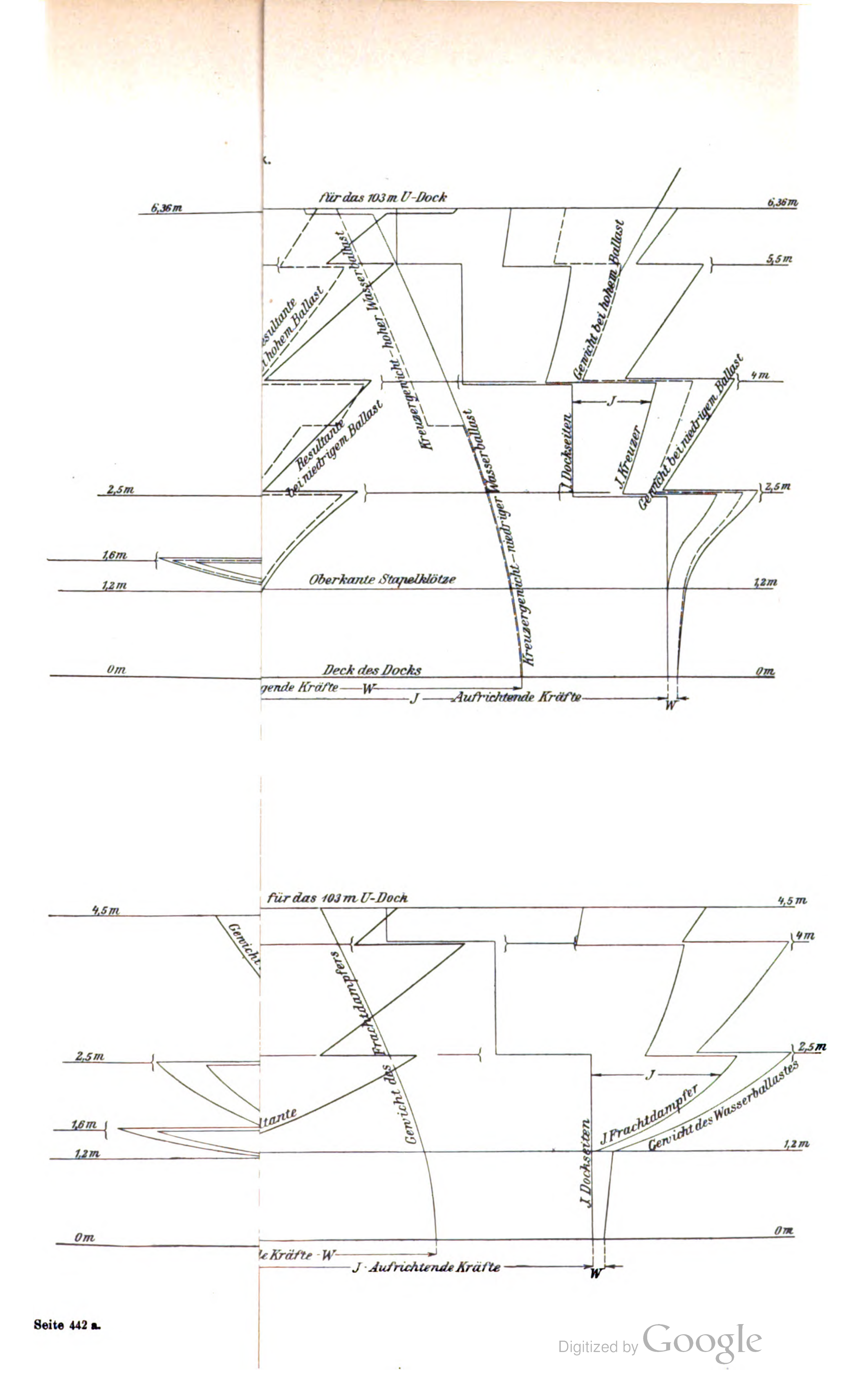
Die Kurven (Fig. 7 u. 8) geben eine Darstellung von der Größe dieses Einflusses und beziehen sich auf die durch Fig. 1 u. 2 bezeichneten Schiffe.

Unter einem Schiffe nach Fig. 1 und Fig. 7 ist in folgendem der Kreuzer beziehungsweise der Frachtdampfer zu verstehen.

Als Einheiten für den Maßstab der Kurven sind in Bezug auf die Trägheitsmomente der Wasserflächen die m^4 zu verstehen, dagegen sind für die Gewichte von Schiff, Dock oder Wasserballast mt als Maßeinheiten zugrunde gelegt.

Die Größe, welche man aus den Kurven entnehmen kann, ist ein Koëffizient des Momentes, welches einen Maßstab für den Wert der Wirkung der neigenden oder aufrichtenden Kraft angibt. Das Moment ist das Produkt des aus dem Diagramm entnommenen zugehörigen Koëffizienten und dem Sinus des Neigungswinkels. Dies ist jedoch nur genau zutreffend bei einem





für das 103 m U-Dock
6,36 m
5,5 m
4 m
2,5 m
1,6 m
1,2 m
0 m
Resultante bei hohem Ballast
Kreuzergewicht – hoher Wasserballast
Gewicht bei hohem Ballast
Resultante bei niedrigem Ballast
Kreuzergewicht – niedriger Wasserballast
J Dockseiten
J
J Kreuzer
Gewicht bei niedrigem Ballast
Oberkante Stapelklötze
Deck des Docks
gende Kräfte – W
J – Aufrichtende Kräfte
W
für das 103 m U-Dock
4,5 m
4 m
2,5 m
1,6 m
1,2 m
0 m
Gewicht
Gewicht des Frachtdampfers
ltante
J Dockseiten
J
J Frachtdampfer
Gewicht des Wasserballastes
le Kräfte – W
J · Aufrichtende Kräfte
W

unendlich kleinen Winkel, aber es kann praktisch für Winkel bis hinauf zu 5° als zutreffend bezeichnet werden.

Aus Fig. 7 ist ersichtlich, daß der Einfluß, welchen das Gewicht des U-Docks nebst Kreuzer bei einem Tiefgange von 2,8 m oder 4,0 m über Oberkante Dockdeck ausübt, durch den Koëffizienten 4000 mt gemessen wird. Dieser Einfluß wird erhöht auf 7400 mt, wenn Oberkante Dockdeck mit dem Wasserspiegel zusammenfällt.

Die entsprechenden Koëffizienten für den Frachtdampfer sind 3000 mt und 7400 mt, das heißt, daß das U-Dock Neigungswirkungen ausübt, deren Werte jedem der ersten Grade gleich sind dem Produkte aus den Koëffizienten und dem Sinus von 1°, das ist 0,01745. Die Momente sind somit:

$$4000 \times 0{,}01745 = 69{,}8 \text{ mt}$$
$$3000 \times 0{,}01745 = 52{,}4 \text{ „}$$
$$7400 \times 0{,}01745 = 128{,}1 \text{ „}$$

für jeden Grad Neigung.

Die entsprechenden Wirkungen des L-Docks sind um einiges geringer, wie man aus der linken Seite der Kurven erkennen kann. Aus Fig. 8 ist ersichtlich, daß während des ersten halben Meters Anheben im Falle des Kreuzers sich ein aufrichtender Einfluß des Gewichtes bei dem L-Dock geltend macht.

Für den extremen Fall, daß sich kein Schiff im Dock befindet, werden die entsprechenden Bedingungen durch die Kurven in Fig. 9 für die 60 m Sektion und in Fig. 10 für die 42 m Sektion dargestellt.

Bezüglich des L-Docks ist zu bemerken, daß das Gewicht der Seitenkästen einschließlich des festen Ballastes in denselben (wenn solcher vorhanden), und dem Gewichte der Deckslast desselben, einen neigenden Einfluß ausübt, welcher gemessen wird durch das Gesamtgewicht der Seitenkästen nebst festem Ballast, sowie der Deckslast multipliziert mit der Entfernung zwischen dem Schwerpunkte des Gesamtgewichts und dem Deplacement der Seitenkästen. Der Einfluß dieses Gewichtes ist aus dem Diagramm nicht erkennbar, da die Trägheitsmomente dieser Seitenkästen in solchem Maße verkleinert sind, daß dieselben mit den Wirkungen aus diesen Gewichten übereinstimmen.

Angenommen, die Deckslast der Seitenkästen bestehen aus Laufplanken, Materialien zur Befestigung und solchen Gegenständen, welche auf einem Schwimmdock gebraucht werden, so sind die Koëffizienten der hier



in Frage kommenden Gewichte ohne Bedeutung, dieselben stellen sich rechnungsmäßig auf 500 m^4 für die 60 m und 350 m^4 für die 42 m lange Dockabteilung.

b) Wasserlinien des Docks.

Die tatsächlichen Wasserlinienareale eines Docks sind diejenigen Teile seiner äußeren Gesamt-Wasserlinie vermindert um die Flächen der noch von Wasser erfüllten Abteilungen, wenn diese mit dem Außenwasser in Verbindung stehen. Letztere haben in diesem Falle keinen Einfluß auf die Stabilität.

Es wird hier als bekannt vorausgesetzt, daß der Neigungswiderstand, welchen irgend ein schwimmender Körper erfährt, durch das Trägheitsmoment der oberen Wasserlinie bestimmt wird. Das Trägheitsmoment erscheint in der Form der vierten Potenz der linearen Einheit, welche der Rechnung zugrunde liegt; da diese nun das Meter ist, und das spezifische Gewicht des Wassers gleich 1 gesetzt werden kann, so ist die vierte Potenz dieser Einheit, in dem Sinne wie hier gebraucht, durchaus mit demselben Maße vergleichbar, wie die Wirkung der Gewichte von Dock, Schiff und Ballastwasser gemessen wurde, obgleich diese Kräfte als Produkte von Tonnen und Metern erscheinen. Es können somit folglich die letzteren Produkte entweder zu den Trägheitsmomenten addiert oder auch von denselben abgezogen werden, genau so, als ob dieselben ebenfalls durch Metertonnen bezeichnet wären.

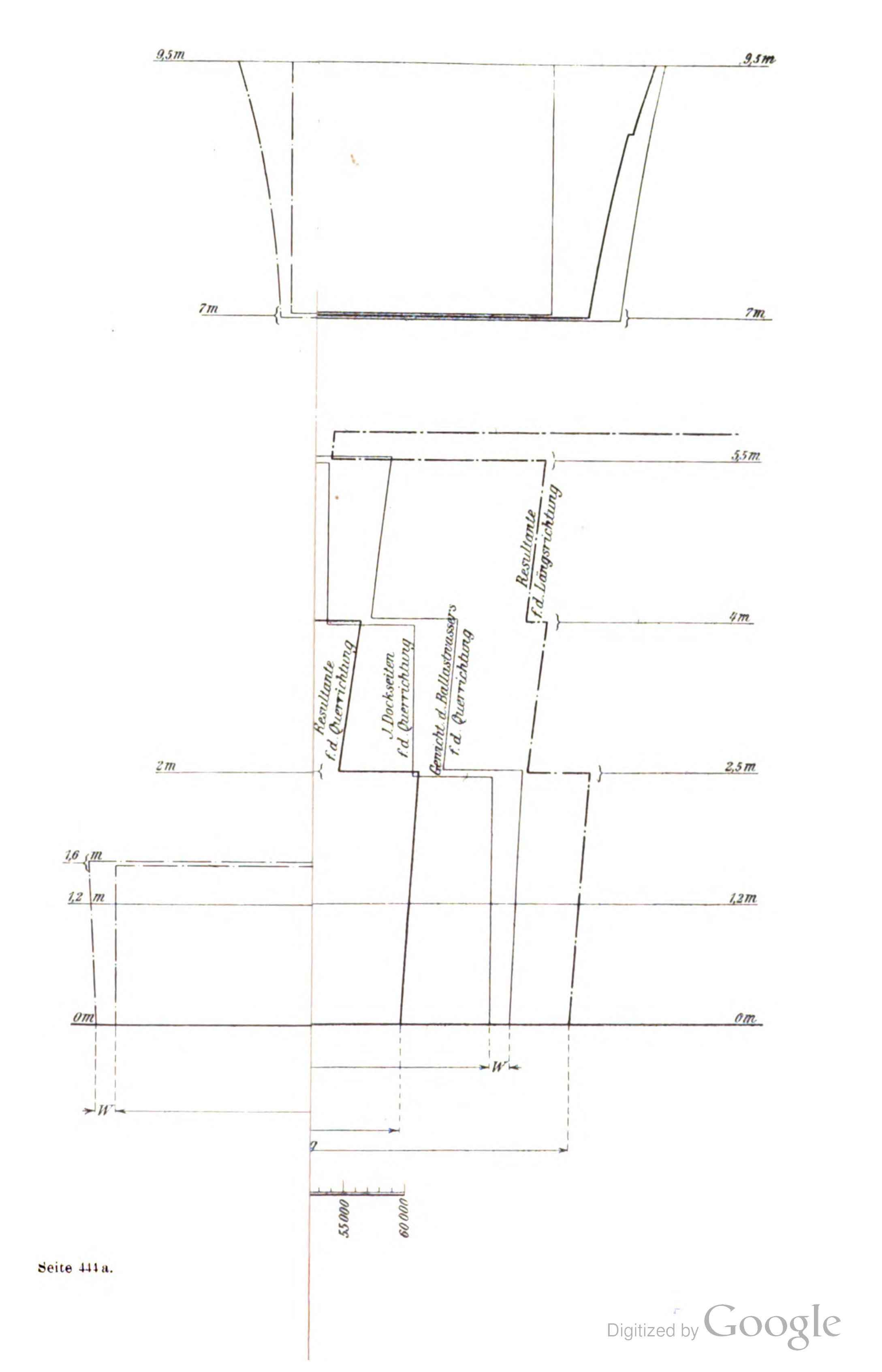
Wie aus den Diagrammen ersichtlich, bilden die Wirkungen der Wasserlinien also die Hauptursachen für die Stabilität der U-Docks.

Bei den L-Docks besteht die seinen Wasserlinien entsprechende Stabilität aus dem unveränderlichen Betrage, welchen die Seitenpontons ergeben und dem veränderlichen Werte, den der hohe Seitenkasten und das Schiff beitragen. Ohne Schiff ist, wie aus dem Diagramm Fig. 9 und 10 ersichtlich, der Einfluß des hohen Seitenkasten für sich allein zu gering, um irgend welche beachtenswerte Wirkung auszuüben. Wenn dagegen die niedrige Seite über Wasser kommt, so wird die Wirkung aus beiden Seiten zusammen wieder eine bedeutende.

Eine Hauptbedingung ist natürlich die, daß das Wasser aus dem Innern der Seitenkästen entfernt wird. Wenn dies der Fall ist, so wird die Wirkung dieser Seitenkästen durch das Trägheitsmoment abzüglich deren neigende Wirkung (nach Metertonnen, wie unter Absatz 1 bemerkt, gemessen) aus den Gewichten bestimmt. Die auf solche Weise erhaltene Nettowirkung ist in den Kurven dargestellt. Das Trägheitsmoment hat einen bestimmten Wert, sobald die Länge und Breite der Seitenkästen feststehen. Die Gewichte

Stabilitätskurven

n 60 m langes U-Dock.



Stabilität der Seitenpontons des L-Docks.

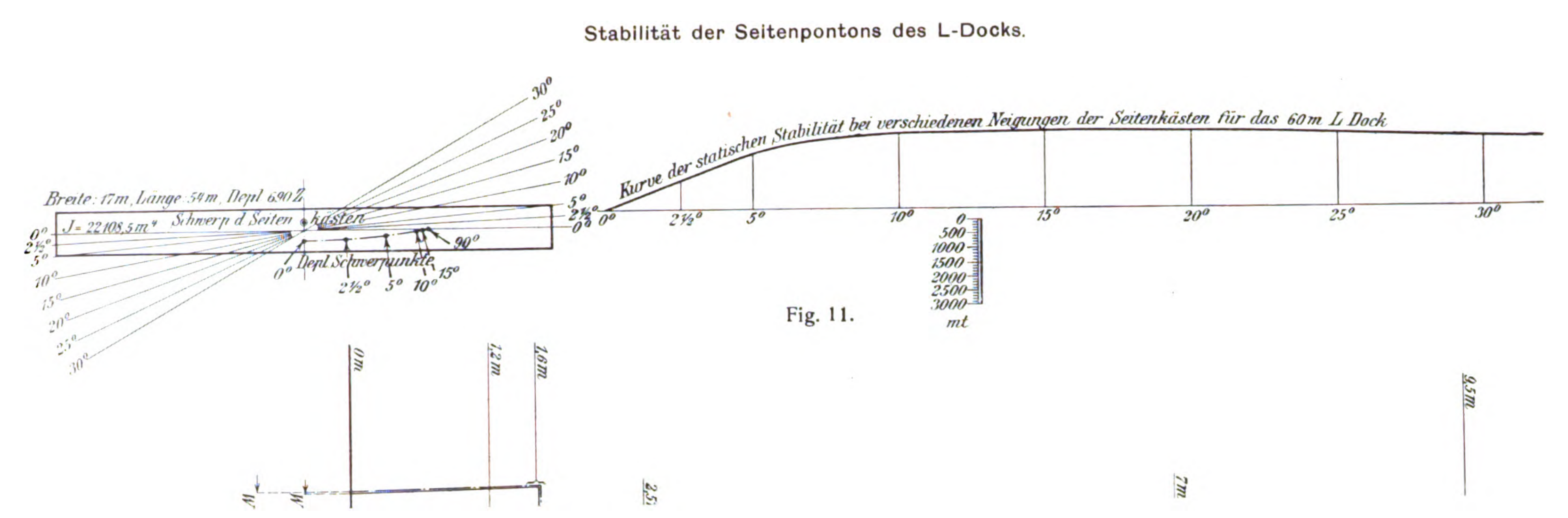


Fig. 11.

jedoch sind veränderlich, sie setzen sich aus festen und losen Teilen zusammen, wie im ersteren Falle die Laufplanken in Aufbauten, im andern die Treppen, Holzplanken usw., welche für den Dockbetrieb erforderlich sind.

Die statische Stabilität der Seitenpontons für diese 60 m lange Docksektion ist aus Fig. 11 zu ersehen.

Die Kurve weist darauf hin, wie vorteilhaft es ist, den Seitenpontons eine größere Bewegung zu geben, wie das Dock während des Hebens selbst hat. Wenn auch im praktischen Gebrauche die Bewegung des Docks nur bis zu $2^1/_2{}^\circ$ beträgt, was ausreichend ist, so könnten die Pontons, soweit die Stabilität in Betracht kommt, bei einer Neigung von 5° auch noch dieselbe Wirkung haben, wenn auch ihre Breite von 17 m auf $\frac{17}{\sqrt{2}} = 13{,}5$ m vermindert würde. In diesem Falle könnte ihre Tiefe ebenfalls bis auf 1,2 m reduziert werden.

Wenn durch Wasserballast der Tiefgang der Seitenpontons auf ihre halbe Tiefe gebracht ist, dann findet die gleichmäßige und beste Steigung der statischen Stabilitätskurve über die größte Länge statt.

Alles, was oben bezüglich der L-Docks gesagt worden ist, bezieht sich auf deren Stabilität in der Querrichtung. In der Längsrichtung ist der Einfluß der Seitenpontons gleich Null. In den Kurven Fig. 9 und 10 ist die Stabilitätskurve für die Längsrichtung dargestellt. Aus derselben ist ersichtlich, daß bei den L-Docks die Stabilität in der Längsrichtung nur in geringem Maße unter diejenige der Querrichtung herabsinkt. Um dieselbe auf den gleichen Wert zu bringen, muß man die Docks mit besonderen wasserdichten Schotten in der Bodenabteilung versehen, was jedoch zu einer zwecklosen Komplikation der Ventil- und Rohreinrichtung führen würde. Wenn das Schiff sich noch im Wasser befindet, ist die Wirkung seiner Wasserlinien in der Längsrichtung bedeutend größer als in der Querrichtung und dieser Überschuß deckt völlig den Bedarf an Stabilität. Sobald das Schiff trocken steht, zeigen die Kurven die bedeutende Dockstabilität in der Längsrichtung.

Die schwierigsten Verhältnisse treten ein, wie weiter unten ausgeführt werden soll, sobald die 42 m Docksektion des L-Dockes die 60 m Abteilung heben soll.

In dem Diagramm der Figuren 7 und 8 sind keine Stabilitätskurven der Längsrichtung dargestellt, weil in dieser Richtung außerordentlich mehr Stabilität vorhanden ist, als wie nötig erscheint.

Die Trägheitsmomente der Wasserlinien der vereinigten Sektionen stellen sich in der Nähe des Dockdecks für das U-Dock auf 508 836 m^4 gegen

65 745 m^4 in der Querrichtung, und für das L-Dock auf 413 156 m^4 gegen 77 500 m^4. Bei Bemessung des Wertes für das L-Dock ergibt sich für die niedrige Seite die Zahl 90 983 m^4. Aus dem Diagramm ist leicht ersichtlich, daß die Wasserlinien die Hauptursache für die Stabilität bilden.

Für die L-Docks ist die Frage zu entscheiden, bei welchem Punkte die niedrige Seite in Wirkung tritt, oder, was dasselbe ist, wie hoch diese Seite sein muß. In der linken Seite der Figur 7 entspricht die Linie b—d mit der Oberkante der niedrigsten Seite von 1,6 m Höhe über dem Dockdeck, oder 0,4 m über Oberkante Stapelklötze. Durch Verlängerung der Kurve a—b nach unten bis c entsprechend der Höhe von 1,5 m über dem Deck und durch Festlegung der Höhe der niedrigen Seite auf dieses Maß wird das resultierende Stabilitätsmoment um 20 % verringert. Da nun das L-Dock die gleiche Stabilität wie das U-Dock haben soll, so muß die Höhe der niedrigen Seite nach Fig. 7 auf 1,6 m festgelegt werden. Dasselbe Ziel wird durch Verringerung der Höhe der niedrigen Seite bei gleichzeitiger Verbreiterung der Seitenkästen erreicht. Die punktierte Linie desselben Diagramms entspricht beim Punkte f einer niedrigen Seitenhöhe von 1,4 m Tiefe, was einen 2 m breiten Seitenkasten erfordert. Diese Einrichtung erzeugt in sofern eine sehr ungünstige Kurve, als ein großer Überschuß an Stabilität während eines Hebungsbereichs von 98 % vorhanden ist, nur um während der Periode von 2 % das Nötigste zu erreichen. Mit dem Opfer einer Extrabreite der Seitenkästen von 3 m wird eine Verringerung der Höhe der niedrigen Seite von 1,6 m auf 1,4 m erreicht Es mag diese Verringerung auf den ersten Blick als ein Vorteil erscheinen, wenn man überlegt, daß ein Schiff nur quer zur Kielrichtung ein- und ausgedockt werden kann. Jedoch durch Neigung des Docks um ungefähr 1° nach außen ist der Nachteil einer größeren Höhe des niedrigen Schenkels vermieden, und wenn dies der Fall ist, so erscheint es durchaus angebracht, die Extrabreite der Seitenkästen zu sparen und die Höhe der niedrigen Seitenkästen um 0,2 m zu vergrößern.

Die Seitenkästen können auch als zweireihige getrennte Kästen konstruiert werden mit länglichen Aussparungen in der hohen Seite. Diese Konstruktion ergibt dann einige Materialersparnis.

Bezüglich der U-Docks und der L-Docks ist zu bemerken, daß in dem Augenblicke, wenn das Dockdeck aus dem Wasser tritt, eine außerordentliche Stabilitätszunahme stattfindet. Die Trägheitsmomente sind dann folgende: Beim 60 m U-Dock, quergerichtet unterhalb 78 125 m^4, gegen 39 447 m^4 gerade oberhalb des Decks; und beim 42 m U-Dock quergerichtet unterhalb



54 688 m⁴, gegen 26 298 m⁴ oberhalb des Decks. Die L-Docks haben dieselben Trägheitsmomente, welche um diejenigen der Seitenpontons vergrößert werden.

c) Das Gewicht des Ballastwassers.

Unter Ballastwasser soll das Wasser im Innern der geschlossenen Dockabteilungen verstanden werden. Es beeinflußt die Stabilität des Gesamtsystems in zweierlei Weise. Sein Gewicht ruft eine neigende oder aufrichtende Wirkung hervor, welche von der jeweiligen Lage seines Schwerpunktes zu dem Schwerpunkte des Gesamtdeplacements abhängig ist.

Das sich frei im Innern eines Abteils bewegende Wasser äußert sich mmer durch eine neigende Wirkung, deren Intensität von dem Trägheitsmoment der Oberfläche des freien Wassers abhängt. Die Wirkung des freien Wassers im Innern von Schwimmdocks hängt also ab von der Größe seiner Oberfläche und nicht von seinem Gewichte.

Die Wirkungen des Gewichtes des freien Ballastwassers sollen hier besonders besprochen werden.

Das Gewicht des Ballastwassers ist der Unterschied zwischen dem Gesamtdeplacement des Docks in t und dem Gewichte des Docks und Schiff zusammen. Die Verteilung dieses Wassers im Innern des Docks kann in einer unendlichen Anzahl von verschiedenen Arten stattfinden, aber unter einer Bedingung, nämlich, daß das System in aufrechter Lage bleibt, wozu nötig ist, daß die Lage des Schwerpunktes in horizontaler Richtung nicht verändert wird. Die L-Docks sind zwar ein wenig nach Innen geneigt, was in Bezug auf die Stabilität die Folge hat, daß die niedrige Seite eher über dem Wasser erscheint, oder was dasselbe ist, daß die große aufrichtende Wirkung der niedrigen Seite in einem früheren Stadium des Hebens zur Geltung gebracht wird. Es ist also richtiger, die L-Docks immer in aufrechter Lage anheben zu lassen.

Was die Wirkung des Gewichtes des Ballastwassers anbetrifft, so muß die Wirkung der Lage desselben in vertikaler Richtung bezüglich seines Schwerpunktes zuerst in Betracht gezogen werden. Wie schon gesagt, muß dieser Schwerpunkt in einer bestimmten, vertikalen Linie liegen, aber wie hoch oder niedrig auf dieser Linie, bleibt dem Zufalle überlassen.

Um die Wirkung der Höhe des Schwerpunktes zu zeigen, sind zwei äußerste Fälle in Bezug auf das Docken des Kreuzers und des Frachtdampfers in dem U-Dock und des Kreuzers in dem L-Dock in Betracht zu



ziehen. Der eine äußerste Fall liegt vor, wenn der Schwerpunkt des Ballastwassers so tief wie möglich liegt und der andere, wenn er so hoch wie möglich in den Seitenkästen liegt, aber niemals über der Oberfläche des Außenwassers. Diese letztere Beschränkung wird dadurch gerechtfertigt, daß es geraten ist, nie einen Innendruck in einem Dock auszuüben, zu welchem Zwecke eigens hierfür angeordnete Sicherheitsventile angebracht werden müssen, wenn ein wirklicher Grund für die Befürchtung eines Innendruckes vorliegt. Praktisch wird das Wasser im Innern nie so hoch steigen, eine gleiche Höhe des Innen- und Außenwassers kann daher mit Recht als ein äußerster Fall bezeichnet werden. In der Praxis wird der wirkliche Stand der unteren Grenze näher sein als der oberen.

In Fig. 7 sind die Resultate der hohen Schwerpunkte des Ballastwassers durch besondere Kurven dargestellt. In den Figuren 12A bis 12M sind die beiden äußersten Stellungen des Schwerpunktes des Ballastwassers in nach einander folgenden Perioden der Hebung des Kreuzers in dem U-Dock gezeigt, und in den Figuren 12N bis 12S die entsprechenden Stellungen für das L-Dock. In Fig. 13A bis 13M sind die entsprechenden Stellungen für den Frachtdampfer in dem U-Dock gezeigt.

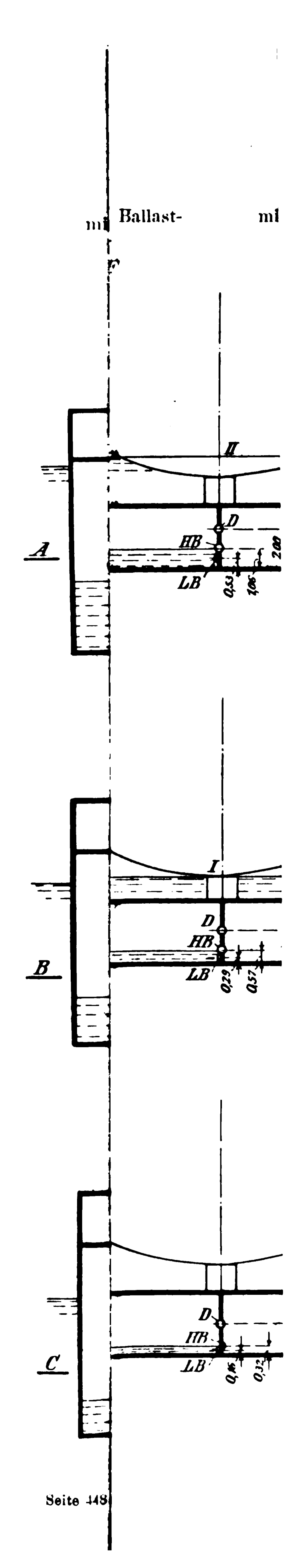
Es ist zu bemerken, daß in Fig. 12H bis 12M, 12P bis 12S (hohes Ballastwasser) und 13J bis 13M, die mittleren Abteile vollständig leer sind. Der Grund dieser Darstellung liegt in der Absicht, eine theoretische äußerste Lage zu zeigen, da in der Praxis kein Raum kaum jemals ganz leer sein wird. Obschon diese mittleren Abteile als leer dargestellt sind, so ist doch die neigende Wirkung einer sich bewegenden Wassermasse innerhalb dieser Abteilungen in die Berechnung mit aufgenommen, um sicher zu gehen.

Die Verteilung des Ballastwassers wird beeinflußt durch die Art und Weise, in welcher die einzelnen Ventile für die Abteile mit einander verbunden sind. Solche Abteile, deren Ventile immer durch e i n e n Hebel geöffnet und geschlossen werden, dürften in der Regel dieselbe Ballastwasserhöhe zeigen. Die mittleren Abteile sind infolgedessen in den Figuren 12 und 13 mit demselben Wasserstande dargestellt, was durch die Schaltung der Ventile gerechtfertigt wird. Diese Verbindung der einzelnen Ventile wird später näher besprochen werden.

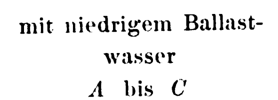
d) Oberfläche des Ballastwassers.

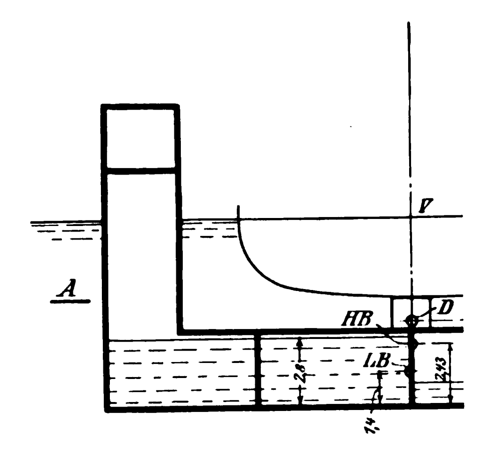
Wie in dem vorhergehenden Kapitel erwähnt, wird Ballastwasser, welches einen freien Wasserspiegel hat, immer eine neigende Wirkung auf das System

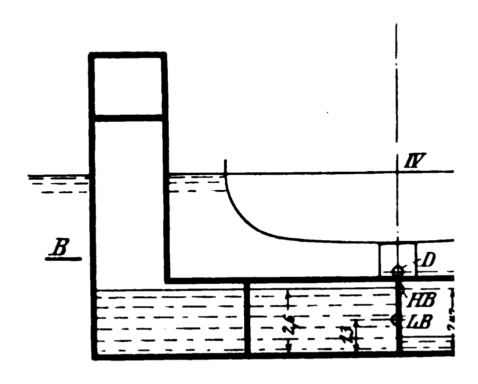


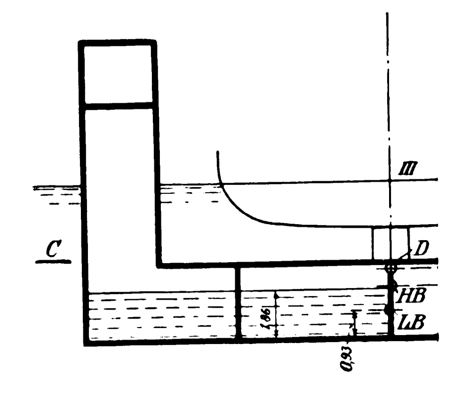


mi Ballast- mi
II
D
HB
LB
A
0,53
1,06
2,00
I
D
HB
LB
B
0,29
0,57
D
HB
LB
C
0,16
0,32


mit niedrigem Ballast-
wasser
A bis *C*







ausüben, welche von der Summe der Trägheitsmomente aller dieser Oberflächen abhängt. Der Grund, daß das Trägheitsmoment in diesem Falle in Betracht gezogen werden muß, ist derselbe, aus welchem der äußere Wasserspiegel, in der Weise, wie im Abschnitt 2 erwähnt worden ist, wirkt.

Es ist natürlich wünschenswert, so wenig wie möglich Unterabteilungen in den Docks anzubringen, da jede Unterabteilung ein besonderes Zweigrohr und Ventil erfordert. Außerdem sind die wasserdichten Querschotte teuer.

Das hier behandelte L-Dock ist in der Längsrichtung durch eine größere Anzahl von Querschotten in Unterabteilungen zerlegt als dies bei einem U-Dock der Fall ist. Der Grund hiervon liegt darin, daß es nicht empfehlenswert sein würde, die hohen Seitenwände der L-Docks, so breit wie in dem U-Dock die beiden Seiten zusammen zu machen, was ungefähr nötig sein würde, wenn die Unterabteilungen des Bodens in beiden Fällen dieselben wären.

Es würde unzweckmäßig sein, der hohen Seitenwand eines L-Docks eine bedeutend größere Breite zu geben, da dies den Schwerpunkt des Docks der hohen Seitenwand noch näher bringen und auch das Schiff nach außen drängen würde. Beides ist für die Gleichgewichtslage des Docks nicht vorteilhaft. Die Folge hiervon würde entweder ein Verdrängen des mittleren, wasserdichten Längsschottes aus seiner Mittelstellung nach außen sein, was, wenn die gegenwärtige Anzahl von Längsschotten bestehen bliebe, eine Vermehrung der Neigungswirkung der Oberfläche des Ballastwassers in der Querrichtung verursachen würde, oder es würde die Errichtung eines besonderen Längsschottes unter der neuen Lage der Stapelklötze nötig sein.

Es ist auch unzweckmäßig, die Klötze weiter nach auswärts zu verlegen wegen der Notwendigkeit eines Durchgangs längs der niederen Seite.

Die Wirkung dieses freien Wassers ist in den Kurven, Fig. 7, 8, 9 und 10 angegeben.

e) Die Wasserlinie des Schiffes.

Die Wasserlinie des Schiffes wirkt in Verbindung mit der Wasserlinie der Dockseiten oder -seite bei dem L-Dock wie in Abschnitt 2 erklärt. Das System wird um eine Achse durch den gemeinsamen Schwerpunkt aller Wasserlinien des Docks und des Schiffes drehen. Das eine Trägheitsmoment für alle diese Flächen zusammen ist die Summe aller Trägheitsmomente für jede der Flächen, vermehrt durch die Summe aller Produkte jeder Oberfläche in Quadratmetern und der zweiten Potenz der senkrechten Entfernung in Metern zwischen dem Schwerpunkte der Oberfläche und der Drehungsachse.

In den Kurven für das U-Dock ist die Wirkung der Wasserlinie des Schiffes getrennt gehalten von derjenigen der Dockseiten, und in den Skizzen für das L-Dock ist die Gesamtwirkung der Wasserlinie der Seitenwand und des Schiffes aus einleuchtenden Gründen durch eine einzige Kurve dargestellt. Wie aus den in Abschnitt 2 unter Trägheitsmomenten von Dockseiten in der Längsrichtung gegebenen Werten ersichtlich ist, wenn beide Abteilungen zusammenarbeiten, sind diese Werte genügend, das System aufrecht zu erhalten ohne Hilfe der Wasserlinie des Schiffes.

Wenn man beide Docks in ihren Wirkungen vergleicht, dann ist das U-Dock, wie aus den Skizzen rechts in Fig. 9 und 10 ersichtlich ist, in der Längsrichtung ebenso begünstigt wie in der Querrichtung in Bezug auf Stabilität, und wenn daher die Wirkung der Wasserlinie des Schiffes ins Spiel kommt, so muß das Resultat in der Längsrichtung viel günstiger sein als in der Querrichtung.

Bezüglich des L-Docks ist aus der linken Seite, Fig. 9 und 10 zu ersehen, daß die Inanspruchnahme der Wasserlinie des Schiffes während eines Teils des Hebens über 1,3 m Tiefgang, größer in der Längsrichtung als in der Querrichtung sein wird; in dieser Höhe über dem Kiel übt die Wasserlinie des Schiffes eine bedeutende aufrichtende Wirkung in der Längsrichtung aus, und es wird ohne weiteres anerkannt werden, daß die Stabilität in der Längsrichtung größer sein wird als in der Querrichtung, selbst wenn die Abteilungen gesondert arbeiten.

f) Gewicht des Schiffes.

Der Schwerpunkt des Schiffes wird immer über dem Schwerpunkte des Gesamtdeplacements liegen, so daß das Gewicht des Schiffes immer eine neigende Wirkung ausüben muß, welche von dem Produkte des Gewichtes des Schiffes in Tonnen und der vertikalen Entfernung in Metern zwischen Schwerpunkt des Schiffes und dem Gesamtdeplacement abhängt.

Die Neigewirkung dieses Gewichtes ist aus den Figuren 7 und 8 ersichtlich.

Die Stabilität wird, wie schon vorher erwähnt, auch durch andere, geringere Ursachen beeinflußt, von denen einige hier näher besprochen werden sollen:

A. Wenn freies Wasser in dem Schiffe wäre, so würde dieses Wasser eine neigende Wirkung ausüben, welche nach der Summe der Trägheitsmomente aller solcher freien Oberflächen gemessen werden kann.

B. Ein auf das System während des Hebens lastender Winddruck wird ebenfalls eine neigende Wirkung ausüben, welche nach dem Produkte des



Gesamtdruckes des Windes in Tonnen und der Entfernung des Schwerpunktes aller der Wirkung des Windes ausgesetzten Oberflächen und dem Gesamtdeplacement gemessen werden kann. Dieser neigende Einfluß kann unter Umständen aber groß werden, sodaß es als ein Gebot der Vorsicht erscheint, bei sehr stürmischem Wetter das Docken überhaupt zu unterlassen.

C. Das Hervorstehen von Stapelklötzen und anderen Gegenständen aus dem Wasser vermehrt die Stabilität in einem Grade, welcher den Trägheitsmomenten ihrer Wasserlinien entspricht.

3. Die Festigkeit.

Ein Schwimmdock kann Beanspruchungen ausgesetzt werden, welche kaum in ihrem ganzen Umfange vorhergesehen oder theoretisch erwogen werden können. Die Weise in welcher das Schiff unterstützt ist und in welcher das Pumpen stattfindet, kann einen Druck auf den Bau ausüben, der nicht vorher erwartet oder berechnet werden kann. Der Zustand des Kiels — ob gerade oder gebogen — ist eine andere Quelle solcher unberechenbarer Beanspruchungen.

Die Grundsätze, nach welchem die Stärken der Bauteile genommen werden, sind daher ebenfalls von großer Wichtigkeit, da dieselben mehr oder weniger von dem individuellen Charakter des Konstrukteurs abhängig sind.

Beim Feststellen dieser Maße für die Bauteile muß der Kostenpunkt natürlich auch berücksichtigt werden. Der leitende Punkt für den Konstrukteur muß jedoch die Erstrebung der Sicherheit des Docks sein. Es ist selbstverständlich unbedingt nötig, daß das Dock mit vernünftiger Sorgfalt und gesundem Urteil und nicht mit grober Nachlässigkeit behandelt werde. Wenn ein Dock dafür gebaut ist, lange und leichte Kauffahrteischiffe zu heben, so würde es eine große Fahrlässigkeit sein, ein kurzes, schweres Panzerschiff mit demselben trocken zu setzen. Wenn ein schweres Schiff auf eine bedeutendere Länge einen verbogenen Kiel hat, so ist es nötig, die Zwischenräume zwischen Kiel und Stapelklötzen durch eingetriebene Keile auszufüllen.

Die Grundsätze, nach denen die Abmessungen der Bauteile im vorliegenden Falle bestimmt sind, sind folgende:

1. Die Beanspruchungen sind berechnet für das vollständig versenkte Dock, wobei 8,5 m Wasser über dem Deck stehen (Fig. 14 A und 15 A).
2. Die Beanspruchungen sind berechnet für das Dock mit leeren Seiten-Abteilen und vollen mittleren Abteilen im Boden bei auf den Klötzen

ruhendem Schiffe (Fig. 14B und 15B), ferner auch für das unbesetzte Dock (Fig. 14C und 15C).

Es ist zu beachten, daß die Seitenabteile des L-Dock (Fig. 15B und 15C) wegen des Gleichgewichts nicht alle geleert werden können. Unter der hohen Seite wird immer Wasser bleiben, wie die Figur zeigt. Ferner ist zu sehen, daß in allen Fällen, wo die Annahme vollständig leerer Abteile gemacht wurde, dieses theoretisch nur gerechtfertigt ist, um das ungünstigste Resultat zu erhalten, und auf der sicheren Seite zu bleiben.

3. Die Beanspruchungen sind berechnet für leere mittlere Abteile und gefüllte Seitenabteile. Dies wird nur für das U-Dock (Fig. 14D und E) ausgeführt, im ersteren Falle mit dem auf den Klötzen ruhenden Schiffe und im letzteren mit nicht belasteten Stapelklötzen.

4. Die Beanspruchungen sind berechnet für das ganz leere, bis zur höchsten Tragkraft besetzte Dock (Fig. 14F und 15D), ferner für das Dock mit unbelasteten Klötzen (Fig. 14G und 15E).

5. Die Beanspruchungen sind berechnet für das Dock mit 2 m Wasser auf dem Deck aber mit leeren Abteilen, soweit es das Gleichgewicht erlaubt, mit dem Schiffe auf den Klötzen liegend (Fig. 14H und 15F) und mit unbelasteten Klötzen (Fig. 14I und 15G). Dieser Fall kann annähernd eintreten, wenn ein schweres Schiff mit einer großen Steuerlastigkeit gedockt wird, über dessen Schwerpunktslage der Länge nach eine falsche Annahme — welche aber zu entschuldigen ist — gemacht wurde. Das leichtere Ende des Docks ist dann vielleicht über und das schwere unter dem Wasser. In einem solchen Falle muß das Schiff flott gemacht, und seine Lage auf den Klötzen geändert werden.

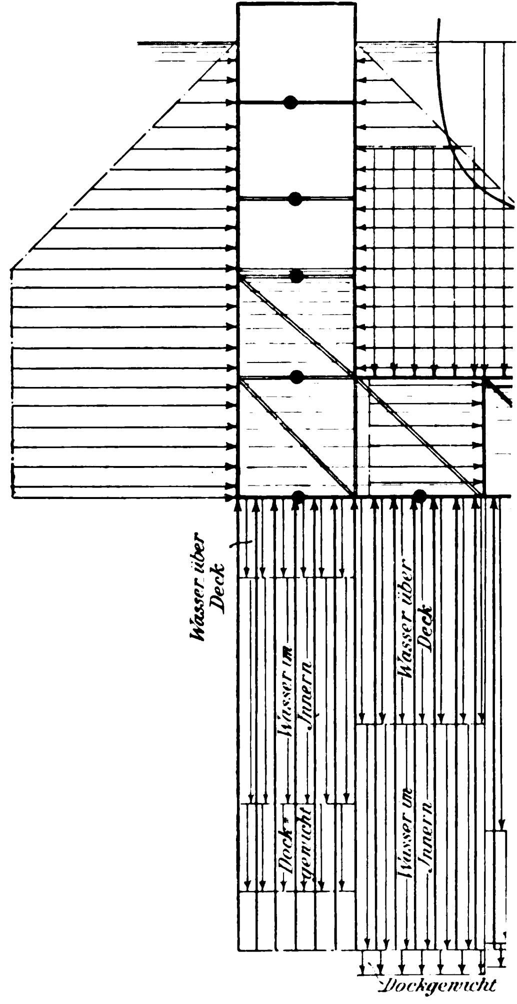
6. Besondere Längsfestigkeit ist vorgesehen für ein Schiff von maximalem Gewicht, welches die Stapelklötze nur in einer Länge von nicht mehr als 15 m berührt.

7. Alle Materialstärken sind so gewählt, daß eine Belastung von nicht mehr als 8 kg pro Quadratmillimeter des reinen Querschnittes entsteht.

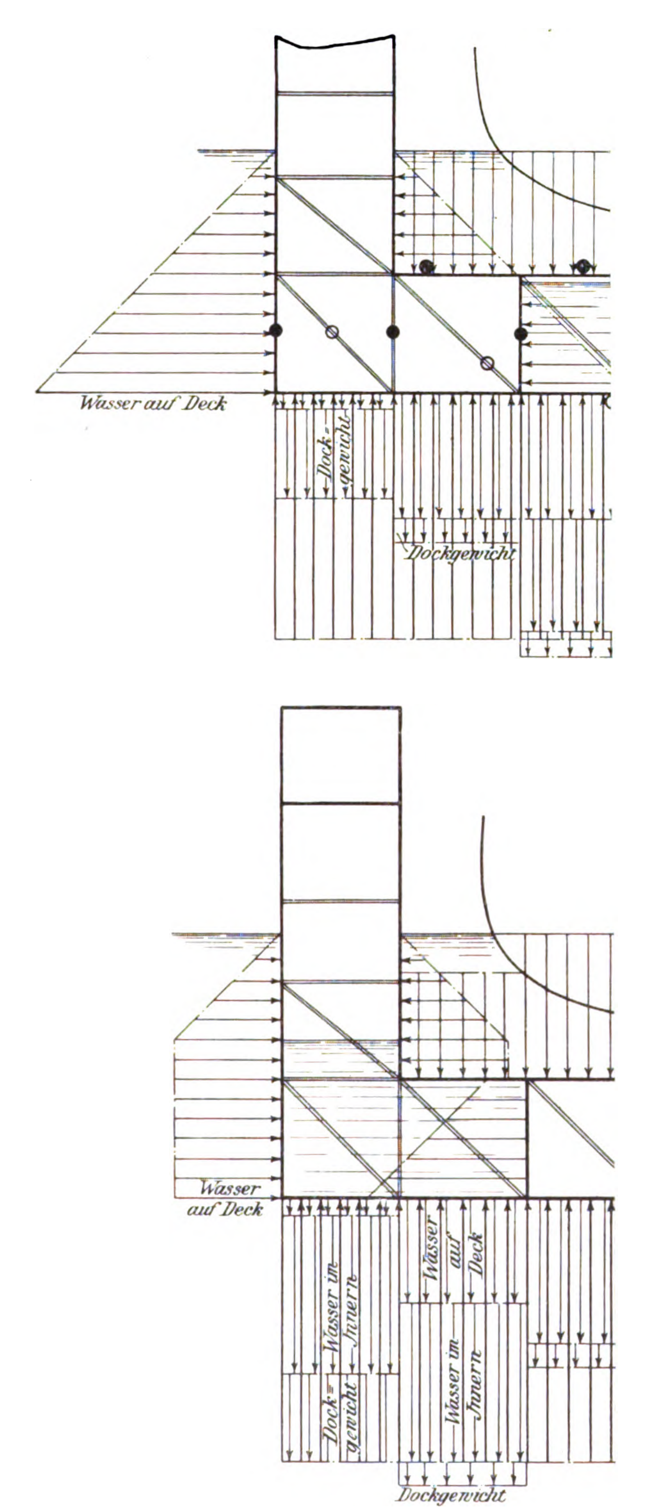
Nach Fall 6, das heißt, bei 15 m Belastungslänge und sonst unbelasteten Stapelklötzen wird der Rest der Querverbände eine entsprechend höhere Beanspruchung auszuhalten haben. Aus diesem Grunde sind die Querverbände zwischen den Seitenkästen des U-Docks und der Außenseite der hohen Seite des L-Docks so bemessen, daß nur eine

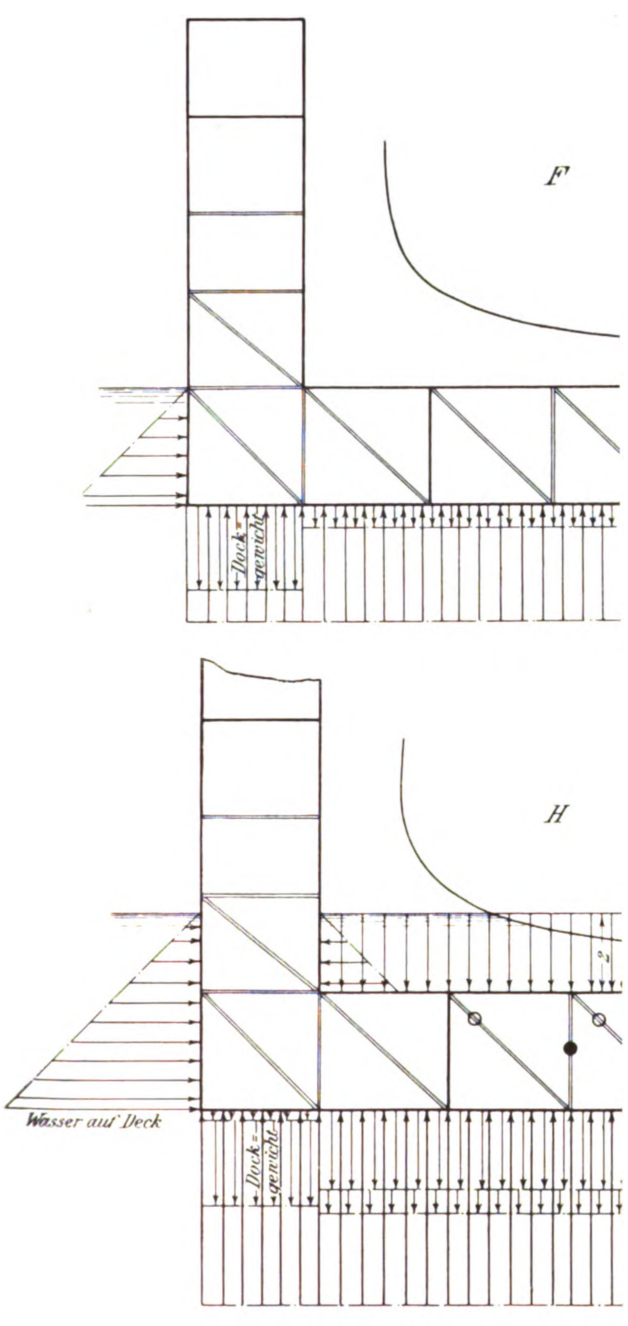
Darstellung der

Die Höhe der angebrachten



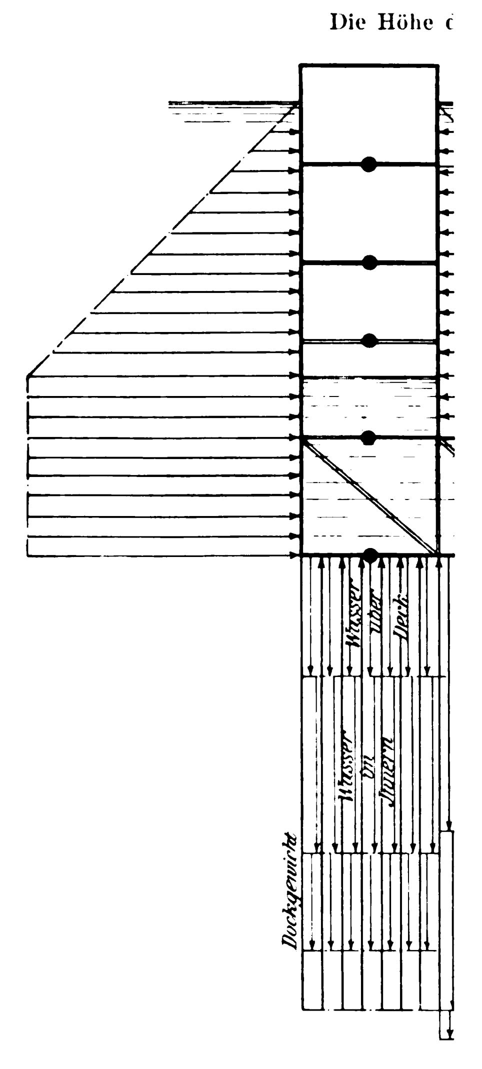
Seite 452 a.


Wasser auf Deck
Dock-gewicht
Dockgewicht
Wasser auf Deck
Wasser im Innern
Dock-gewicht
Wasser auf Deck
Wasser im Innern
Dockgewicht

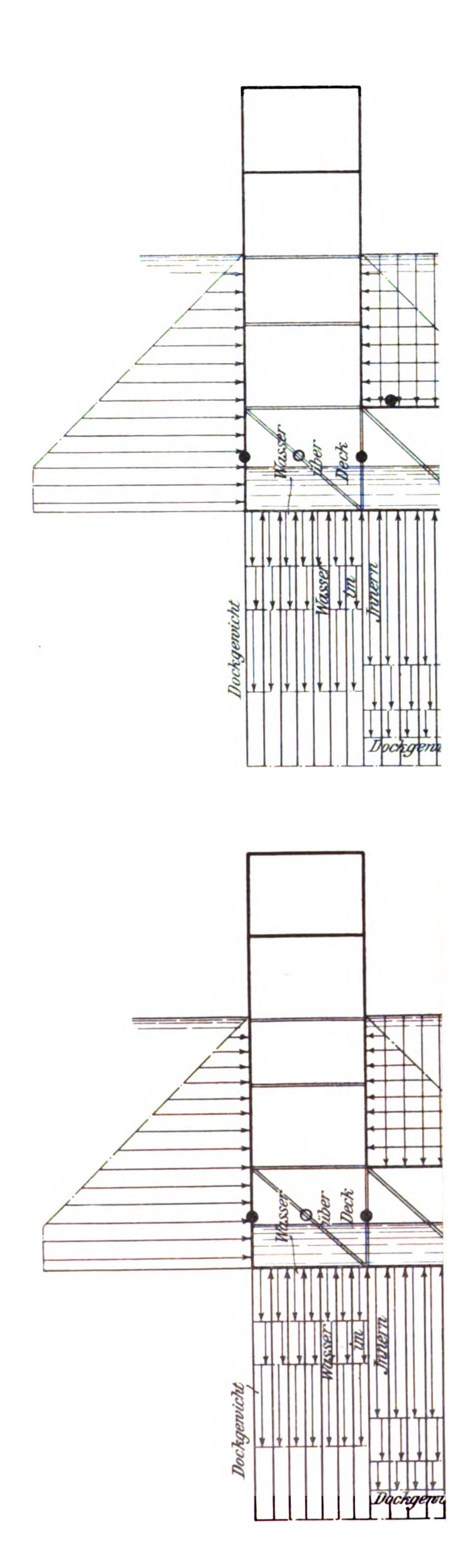


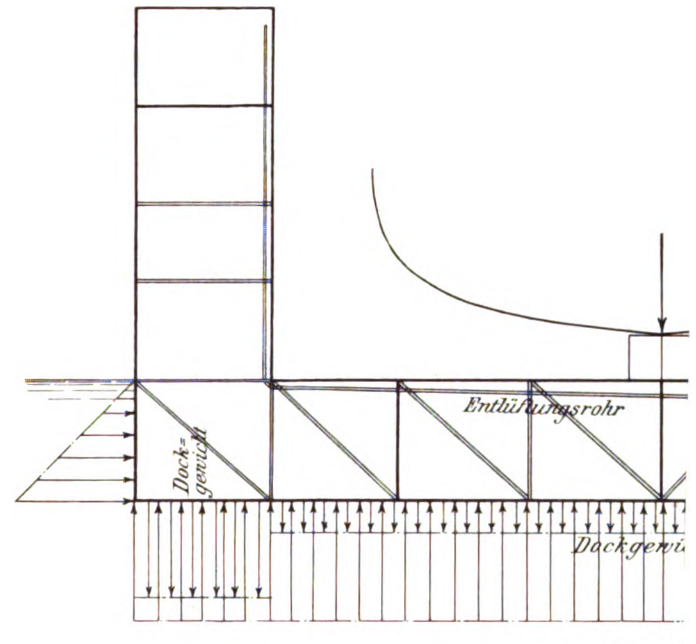
F

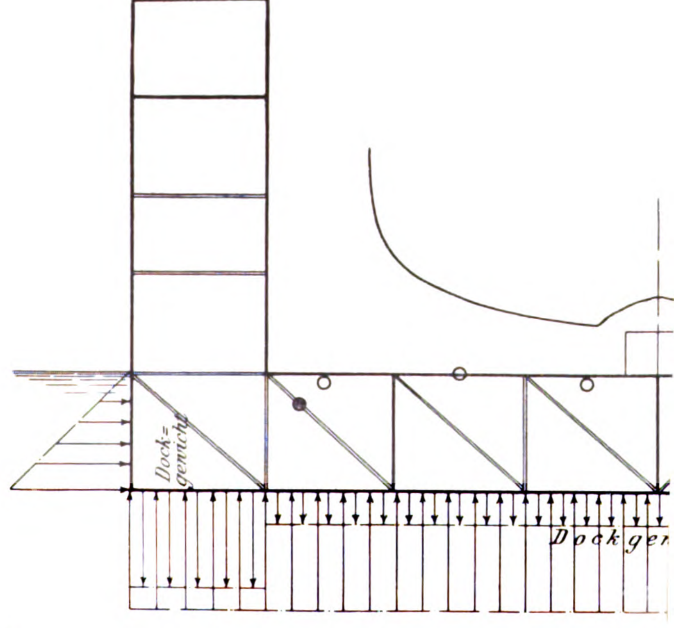
Die Höhe d

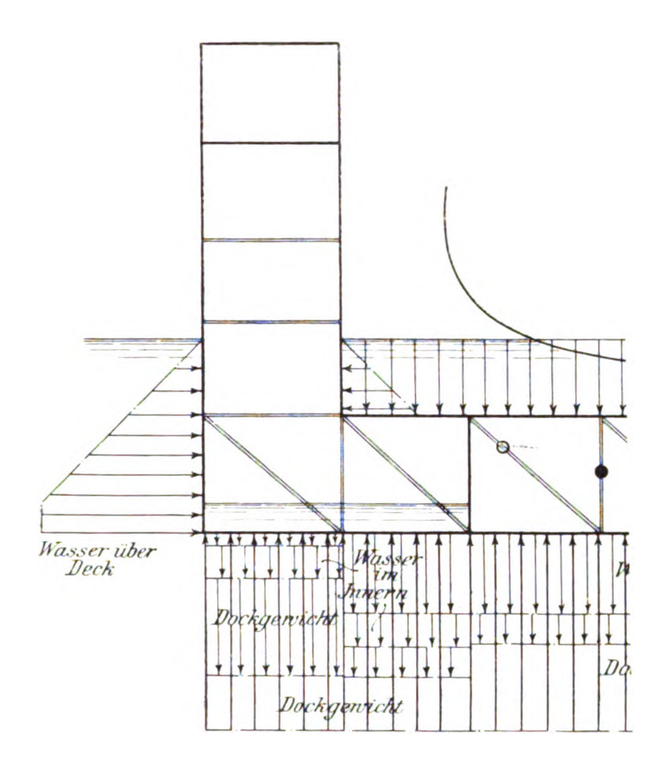


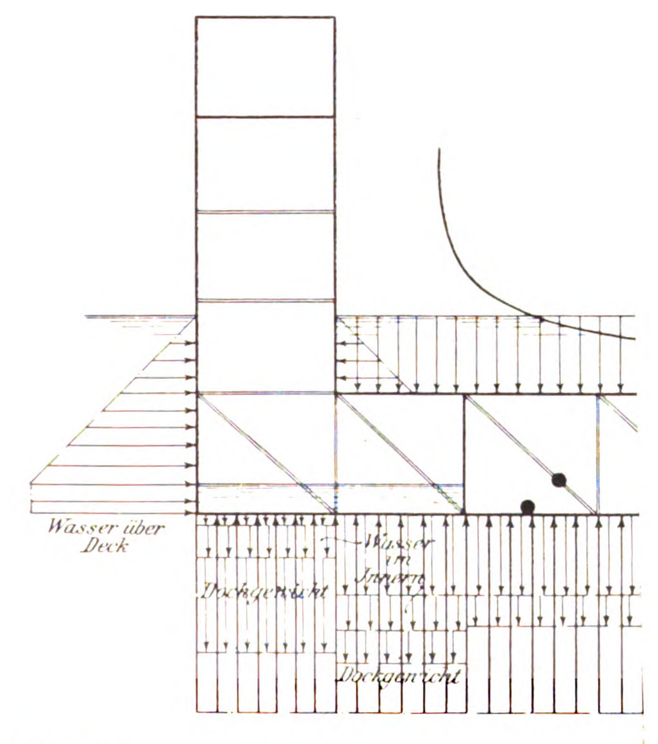
Seite 452 d.


Wasser über Deck
Wasser im Innern
Dockgewicht
Dockgew
Wasser über Deck
Wasser im Innern
Dockgewicht
Dockgew


Entlüftungsrohr
Dock=
gewicht
Dockgewi
Fig. 15


Dock=
gewicht
Dockgew
Fig. 15


Wasser über
Deck
Wasser
im
Innern
Dockgewicht
Dockgewicht


Wasser über
Deck
Wasser
im
Innern
Dockgewicht
Dockgewicht

Beanspruchung von 6 kg pro Quadratmillimeter des reinen Querschnittes entsteht.

8. Längsverbände sind nicht vorgesehen mit Ausnahme der inneren Schotte der hohen Seite und des äußeren Schottes der niederen Seite im L-Dock. Die von den drei inneren Schotten im Boden und von anderen nicht erwähnten Längsstreben herrührende Längsfestigkeit wird somit die Sicherheit vermehren. Die Schotte im Boden werden jedoch als intercostal konstruiert angesehen.
9. Wegen des Rostens werden alle berechneten Abmessungen um 1 mm stärker angenommen.
10. Die geringste Dicke aller Außenhaut-Platten im Boden soll 12 mm betragen. Die hohen Seiten über Deck haben 10 mm Außenhaut.

Die Figuren 14 und 15 werden im großen und ganzen keiner besonderen Erläuterung bedürfen. Kein mittleres Abteil ist als ganz mit Wasser gefüllt dargestellt, infolge der Tatsache, daß eine gewisse Luftmenge immer über der Austrittsöffnung durch die Entlüftungsrohre eingeschlossen sein wird. In dem L-Dock wird diese Menge in den äußeren zentralen Abteilen größer sein, als in den inneren, wegen der gleichmäßigen Neigung der Luftrohre (siehe Fig. 15D). Diese Neigung ist nötig wegen der Entwässerung der Rohre.

Das als „Wasser über Deck“ bezeichnete Gewicht unter den hohen Seitenwänden bezieht sich auf Wasser in den Zugängen und anderen Abteilen der hohen Seitenwände, welche dem Außenwasser zugänglich sind (siehe Fig. 3 und 5). Obgleich dieses Wasser nur kurze Strecken der hohen Seitenwände einnimmt, ist es in den Zeichnungen als gleichmäßig über die ganze Seite verteilt dargestellt. Es ist dies natürlich nicht ganz richtig, aber der Wunsch, alle Querverbände unter gleichmäßiger Beanspruchung zu haben, ist eine Entschuldigung für diese Voraussetzung. Um die Berechnungen zu vereinfachen, ist vorausgesetzt worden, daß das Gewicht des Bodens gleichmäßig über die ganze Breite, und das Gewicht des ganzen Docks gleichmäßig über die Länge verteilt sei und auch, daß beide Seiten des U-Docks das gleiche Gewicht haben.

Die größte Beanspruchung der Parallelbäume und Verbindungen und der hohen Seitenwand des L-Docks durch die Geradführung wird aus der maximalen statischen Stabilität der Seitenpontons berechnet (siehe Fig. 11). Es ist nicht nötig, bei der Berechnung dieser statischen Stabilität über 5° Neigung hinauszugehen.

Weiter gehende Anforderungen hinsichtlich der Materialstärken als die bisher besprochenen treten nur bei dem „Kielholen“ der Docks auf und sollen in dem Abschnitte „Instandhaltung“ behandelt werden (siehe Fig. 22 und 23).

4. Die Bauart.

Nachdem die Materialstärken bestimmt worden sind, kann mit der Bauausführung begonnen werden. Nur einige allgemeine Bemerkungen mögen diesbezüglich hier Platz finden.

Die Kosten des Baues können beeinflußt werden durch Einfachheit der Konstruktionsformen des Docks, durch eine derartige Bemessung aller Abteile, daß alle Nieteinteilungen sich wiederholen. Auf diese Weise kann alles Lochen fast ohne Schablonen geschehen und eine große Anzahl von Platten wird übereinstimmen. Wenn die Platten richtig bestellt und geliefert worden sind, wird kein Beschneiden nötig sein und sicherlich kein Hobeln der Kanten.

Die Docks werden ohne Versenkung der Nietlöcher gebaut. Dies Verfahren mag dem Schiffbau nicht gefallen, aber wenn das Lochen überall von der bündigen Oberfläche aus stattfindet und alle Nietlöcher von genügender Größe sind, dann ist das Sparen der Kosten für Versenkung gerechtfertigt. Die Niete sollten immer gehörig lang sein.

Alles Abdichten von der Außenseite sollte vermittels Stemmen geschehen. Das Abdichten von innen zwischen den Abteilen kann mit Segeltuch, Kitt und Filz ausgeführt werden.

Ein Prüfen der verschiedenen Abteile durch Wasserdruck ist nicht notwendig und eine absolute Wasserdichtigkeit wie in einem Schiffe zu verlangen, lohnt sich nicht.

In diesem Abschnitte mögen auch die verschiedenen Anordnungen für das Selbstdocken Platz finden, da diese hierzu nötigen Anordnungen die Kosten des Baues bedeutend vermehren und die Ausführung komplizieren. Im besonderen soll auf diesen Gegenstand noch weiter in dem Kapitel „Instandhaltung" zurückgekommen werden.

Wenn das U-Dock aus Stahl ist, und besonders, wenn es in Salzwasser liegt, muß die Einrichtung derart sein, daß alle Stahlteile von Zeit zu Zeit besichtigt und in Stand gehalten werden können. Dies kann nur erreicht werden, wenn Selbstdockung der einzelnen Dock-Sektionen vorgesehen wird.

Diese Einrichtungen hierfür sind zweierlei Art:

1. Die hohen Seitenwände lassen sich im Ganzen von dem Bodenteile lösen.
2. Die hohen Seitenwände sind vertikal geschnitten und durch Bolzen verbunden.

Bei den Docks der ersten Art ist der untere Bodenteil in der Querrichtung in eine Anzahl Pontons geteilt, welche mit den hohen Seitenwänden



verbolzt werden und zwar: entweder unter der Seitenwand, oder mit der inneren Seitenwand des Seitenkastens.

Jedes von diesen Verfahren ist kostspielig sowohl in Bezug auf die Konstruktion als auch wegen des Betriebes, da das Verbolzen und das Entfernen der Bolzen eine lange Zeit in Anspruch nimmt.

Es ist nicht zu vergessen, daß alle Rohre ebenfalls zerlegbar mit Gelenkverbindungen versehen werden müssen.

5. Ausstattung und Betrieb.

A. Der wichtigste Teil der Ausstattung ist die Anordnung der Pumpen. Da es wesentlich ist, daß diese Anordnungen zu jeder Zeit benutzbar sind, so sind die dazu nötigen Vorsichtsmaßregeln zu treffen und statt eines einzigen Satzes sollten zwei oder mehrere Motoren und Pumpen in jedem Abteil vorhanden sein. Es ist ferner wichtig, daß die Pumpen sogleich saugen, sobald sie in Gang gesetzt werden. Wenn Zentrifugalpumpen angewandt werden, muß also die Lage so niedrig wie möglich sein, damit das Wasser leicht in die Pumpe hineinfließen kann.

Die Pumpen saugen das Wasser aus einem Hauptrohre, in welches Zweigrohre aus den verschiedenen Abteilen führen. Jedes von diesen Zweigrohren hat ein sich schnell bewegendes mit der Hand oder auf andere Weise in Tätigkeit zu setzendes Schieberventil. Es ist jedoch nicht nötig, jedes Ventil einzeln zu betätigen, zwei oder mehrere Ventile können zu gleicher Zeit betätigt werden, um weniger Hebel nötig zu haben.

Schaltung der Schleusenventile

im U-Dock. im L-Dock.

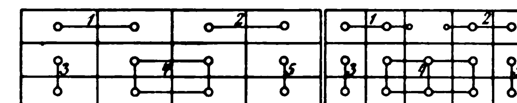


Fig. 16. Fig. 7.

In Fig. 16 und 17 ist eine Verbindung der Ventile mit 6 Hebeln in jedem Abteile des U-Docks und 7 Hebeln in jedem Abteil des L-Docks dargestellt, wobei zu bemerken ist, daß kein Abteil unter der hohen Seitenwand mit einem weiter nach außen gelegenen Abteile verbunden werden darf. Der augenscheinliche Grund hierfür ist, daß, wenn der untere Teil des Docks mit der niedrigen Seite unter Wasser und kein Schiff in dem Dock ist, die Zunahme oder Abnahme des

Deplacements, welches bei der Abwärts- und Aufwärtsbewegung stattfindet, von der hohen Seitenwand abhängt. Das Einfüllen oder Auspumpen des Ballastwassers muß deshalb genau vertikal unter diesem Deplacement stattfinden, wenn keine Änderung der gleichmäßigen Lage des Docks eintreten soll, weshalb die Ventile für diese Abteilungen unabhängig von den anderen sein müssen. Die Anordnung der Abteile erlaubt dies jedoch nicht vollständig, da der Teil unter der hohen Seitenwand breiter ist als diese selbst. Eine geringe Veränderung des Gleichgewichtes des Docks wird daher immer stattfinden, wenn die Abteile unter der hohen Seitenwand gefüllt oder geleert werden, aber diese Veränderung des Gleichgewichtes ist zu gering, um beachtet zu werden und kann leicht vermieden werden, nämlich dadurch, daß das Einfüllen des Ballastwassers in einer Weise stattfindet, daß das Dock, wenn die niedere Seite unter Wasser geht, eine innere Schlagseite von 1 bis 2 Grad bekommt. Infolge des fortgesetzten Füllens wird diese Schlagseite bald verschwinden. Einige Erfahrung wird dem Dockmeister bald zeigen, welche Schlagseite das Dock genau haben sollte, um dasselbe wagrecht und fertig für die Aufnahme des Schiffes ohne Handhabung der Pumpen zu machen.

Die Verbindung von zwei oder mehreren Abteilen durch ihre Schieberventile mag auf den ersten Blick als schädlich für die Stabilität erscheinen, da ja der Eindruck erweckt wird, daß hierdurch die Wirkung der wasserdichten Querwände vernichtet wird. Dies ist jedoch nicht der Fall. Das Wasser kann nicht auf diese Weise von einem Abteil in das andere fließen, wenn die Ventile nur zum Einfüllen oder Auspumpen des Wassers geöffnet werden und die Ventile sollten nicht aus einem anderen Grunde geöffnet werden. Wenn das Wasser eingelassen wird, dann wird es in jedes Abteil dringen, dessen Ventil geöffnet ist, und beim Auspumpen wird es aus allen diesen Abteilen ausfließen. Wenn der Wasserstand verschieden wäre in den so verbundenen Abteilen, so würden die einfließenden oder ausfließenden Wassermengen dadurch beeinflußt werden. Aber die Wasserhöhen in miteinander in Verbindung stehenden Abteilen sind bald ausgeglichen und der Ausfluß und Einfluß wird praktisch diese Uebereinstimmung der Wasserhöhen nicht ändern, solange dies nicht durch ein mechanisches Hindernis geschieht, und solange die Ventile wie sie eingestellt sind wirken, das heißt, solange das Dock richtig arbeitet.

Die Eintrittsöffnung von den Abteilen in die Saugrohre sollte mit einem weiten, schalltrichterartigen Rohrstutzen versehen sein, wodurch das Wasser nur vom Boden aus in etwa einer Höhe von 50–60 mm eindringen kann.



In dieser Höhe sollten die Rohrstücke durch Stützen oder Ansätze am unteren Rande derselben gehalten werden. Der Grund hierfür ist in dem Abschnitt 1 angegeben.

Alle Saugrohre sollten so tief angeordnet werden, wie der Durchmesser des Hauptrohrs es irgend zuläßt. Diese sehr wünschenswerte Einrichtung ist unmöglich, wenn die Docks separate Bodenpontons haben, welche auch aus diesem Grunde verwerflich sind.

Das Einfüllen des Ballastwassers erfolgt durch dasselbe Rohrsystem mit besonderem Einlaßventil von der See nach dem Hauptleitungsrohre. Der Auslaß von den Pumpen sollte durch Klappen geschützt sein und alles von der See in das Hauptleitungsrohr eingelassene Wasser müßte ein Sieb passieren. Die Pumpen müßten ferner durch kräftige, grade Schraubenventile gegen die See abgeschlossen sein. Es kann dann von außen her kein Wasser in die Docks eindringen, das nicht mindestens zwei Ventile zu passieren hätte.

Es ist äußerst wichtig, daß alle diese Einzelteile, welche beim Dockbetriebe gewöhnlich unter Wasser sind, in keiner Hinsicht etwas zu wünschen übrig lassen. Dem Verfasser sind Fälle bekannt, wo die gußeisernen Bügel der Ventile zerbrachen, die Muttern der Spindeln losgingen, die Hähne locker wurden und herunterfielen und Schieber durchgeschnitten waren, lauter Unannehmlichkeiten für den Dockmeister und Gefährdungen des Betriebes. Diese Einzelteile können nicht sorgfältig genug ausgesucht und bei ihnen darf nichts außer Acht gelassen werden.

B. Die Größe der für die Pumpen nötigen Betriebskraft hängt davon ab, welche Zeit für die vollständige Ausleerung des Ballastwassers vorgesehen wurde.

Beim Docken des Kreuzers aus dem U-Dock sind 7420 t Wasser aus dem Dock herauszupumpen, wenn letzteres bis auf 7 m Wasser über Deck versenkt ist (Fig. 10). Der maximale Hub oder der Niveau-Unterschied des Wassers innen und außen beträgt 6,5 m. In der Fig. 18 ist ein allmähliches Heben bis zu 2,7 m dargestellt. Beim Abschätzen der für das Heben während einer gewissen Zeit erforderlichen Betriebskraft kann der durchschnittliche Hub nicht in Berechnung gezogen werden, wenn die Motoren bei allen Hebungen mit einer bestimmten Tourenzahl laufen und somit während der ganzen Hebung pro Zeiteinheit gleiche Mengen Wassers entleeren. Die Voraussetzung gleichmäßiger Entleerungen setzt wiederum eine gleiche Pumpenleistung bei den Hebungen voraus und die Annahme gleichmäßiger Entleerungen ist somit genau in demselben Grade richtig, als die Annahme einer gleichmäßigen Pumpenleistung korrekt ist.



Eine gleichmäßige Pumpenleistung bei den verschiedenen Hebungen und eine gleichmäßige Pumpengeschwindigkeit vorausgesetzt, müssen **wir**, bei Abschätzung der erforderlichen Betriebskraft, der maximalen Hebung Rechnung tragen. Das Resultat ergibt die von den aufzustellenden Motoren abzugebende größte Kraftleistung, welche indes nur bei Beginn des Auspumpens voll ausgenutzt wird.

Nehmen wir ferner den Wirkungsgrad der Pumpen zu 75 % der Kraft an, welche auf die Pumpentransmission übertragen wird, und daß stündlich 7420 t bei ununterbrochenem Betriebe zu entleeren sind, dann beträgt die auf die Pumpen zu legende Kraft:

$$\frac{7420 \times 100 \times 6.5}{0,75 \times 75 \times 60 \times 60} = 240 \text{ PSe.}$$

Beim Docken eines Schiffes geht mit dem Einstellen und Abstützen desselben etwas Zeit verloren, und deshalb wird die Zeit für die Hebung zweifellos eine Stunde übersteigen. Bei 240 PSe dürfte jedoch die Hebung innerhalb $1^3/_4$—$1^1/_2$ Stunden zu bewerkstelligen sein.

Bei dem L-Dock beträgt das zu entleerende Wasser 6000 t und die unter denselben Umständen erforderliche Kraft:

$$\frac{6000 \times 1000 \times 74}{0,75 \times 75 \times 60 \times 60} = 220 \text{ PSe.}$$

Die Kosten der Hebung des Kreuzers, abgesehen von der ersten Anlage, entsprechen den Werten von 36494 mt (Fig. 18) und 30713 mt (Fig. 19). Folglich erfordert das U-Dock 5781 mt, oder ca. 18 %, mehr Arbeit als das L-Dock.

Die Fig. 18 und 19 stellen dies graphisch dar und sprechen für sich selbst. Die Vermehrung der Fläche der Wasserlinie des Docks, welche bei 1,2 m Wasser über Deck stattfindet, rührt von den Stapelklötzen her.

C. Die Stapelklötze sind bei diesen Docks in Zwischenräumen von 1,5 m zwischen den Mitten eingebaut. Keiner derselben sollte niedriger als 1,2 m gebaut werden, da die Verwendung niedrigerer Klötze eine Grausamkeit den Arbeitern gegenüber bedeutet.

Die Stapelklötze sollten so eingerichtet sein, daß sie weggenommen und unter dem Kiel wieder aufgebaut werden können, ohne daß sie verdorben zu werden brauchen. Zu diesem Zwecke müßte in jedem Klotze ein Keilpaar eingesetzt werden, das mit einer schweren Ramme heraus- und herein-



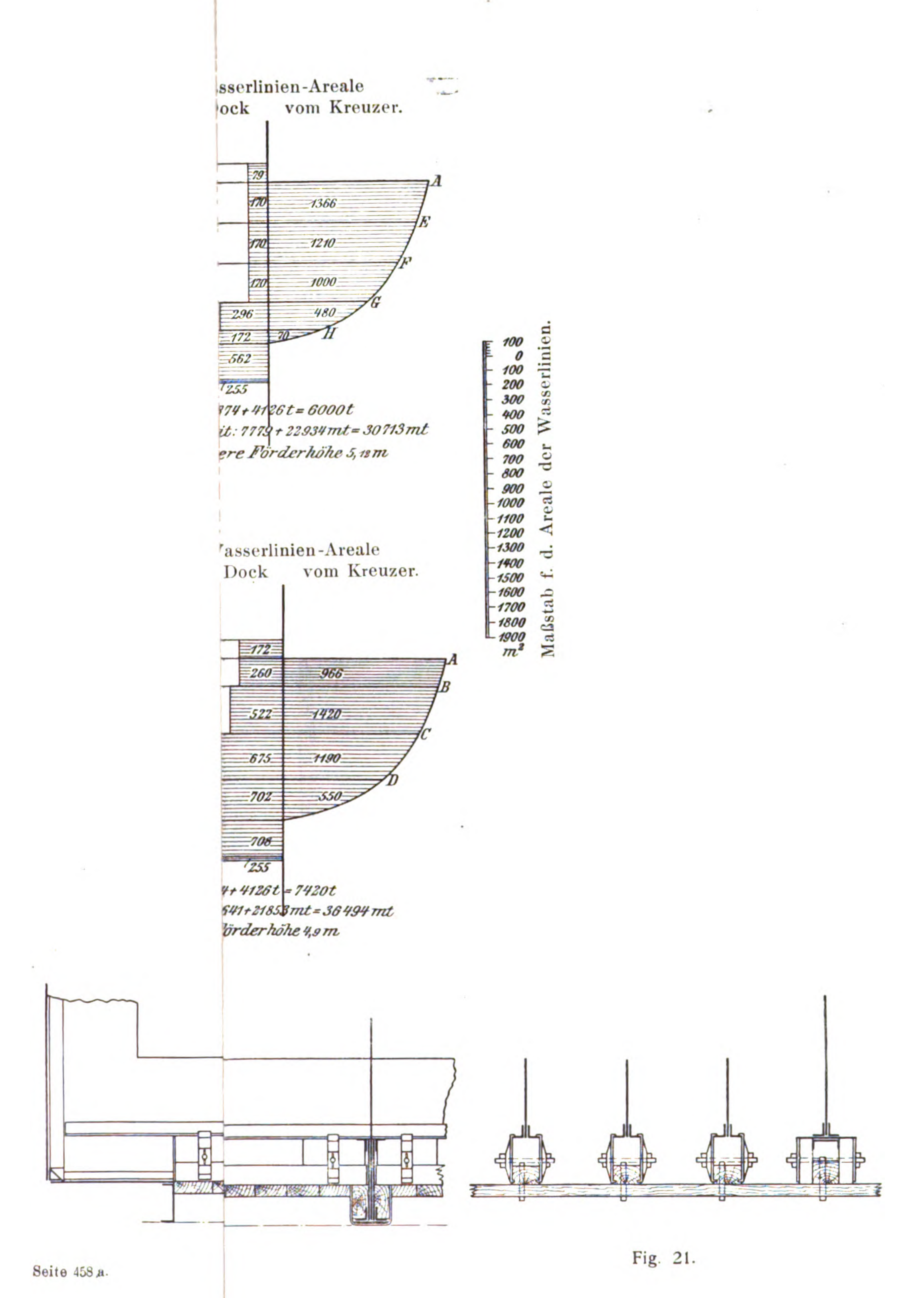


Fig. 21.

Seite 458 a.

geschlagen werden kann. Die Keile müßten durch einen Querriegel verbunden sein.

D. Hieran schließen sich die Anordnungen für das Abstützen. Es ist ganz undenkbar, ein modernes Schwimmdock ohne mechanische Seitenstützen anzulegen. Es gibt keine bessere Einrichtung, um das Schiff in seine richtige Querstellung zu bringen, und es dort zu halten, bis es von den Klötzen getragen wird.

Diese Seitenstützen werden von Hand oder mechanisch betätigt. Die Handbetätigung wird durch eine Zahnstange mit Getriebe, welches an die Stütze gebolzt ist, bewirkt. Dies ist jedoch kaum zuverlässig, besonders in einem L-Dock, das mit einer Schlagseite nach innen zu rechnen hat.

Verfasser hat trübe Erfahrungen gemacht mit gebrochenen Zähnen von Zahnstangen und Getrieben, obgleich dieselben aus Stahl hergestellt waren. Die Sicherheit erfordert daher gewöhnliche Stützen außer den mechanischen. Mechanisch betätigte Seitenstützen können mit Sperrklinken ev. Keilen oder irgend einer anderen Anordnung versehen sein, welche dieselben so sicher machen als einen gewöhnlichen Stützbaum.

Außer Seitenstützen sind Kimmstützen für alle Schiffe in dem L-Dock nötig und für schwere Schiffe in allen Docks sehr empfehlenswert.

Diese Stützen müssen mechanisch von der hohen Seitenwand betrieben werden. Die Kimmstützen können als Balken quer an jeder Seite der Stapelklötze angeordnet werden. Die Enden an den Stapelklotzreihen sitzen an Bolzen, und die äußeren Enden werden gehoben oder gesenkt vermittels Zahnrad und Getriebe. Diese Kimmstützen sind sehr leicht zu handhaben, und wenn sie richtig konstruiert worden sind, werden sie für Schiffe von leichtem und mittlerem Gewichte genügen. Schwere Schiffe sollten jedoch stets mit Kimmstützen kräftigerer Art versehen werden. Dieses Abstützen besteht hauptsächlich in einer Unterlage von Holzblöcken zwischen dem Deck des Docks und dem Boden des Schiffes. Diese Unterlage kann quer unter dem Schiffe, wie auf einem Slip angebracht oder von dem Deck des Docks senkrecht in der Längsrichtung aufgerichtet werden, wobei ein Keil im Zwischenraume zwischen Schiff und Klotz eingesetzt wird, der von der hohen Seitenwand ebenso leicht befestigt werden kann, als irgend eine andere Form von Kimmstützen. Verfasser ist der Ansicht, daß der letzteren Form, der mit dem Keile, der Vorzug zu geben ist. Sie ist von den Kimmkielen unabhängig und liegt mit einer größeren Bodenfläche auf als die querschiffs angebrachte Unterstützung.



Da die Unterlage aus einzelnen Holzbalken gemacht wird, so besitzt sie eine hinreichende Elastizität, um den Schiffsboden intakt zu erhalten, sobald sie nur richtig hergestellt ist.

E. Eine andere wichtige Frage ist die Verbindung der beiden Abteilungen. Hierbei geht man von der Annahme aus, daß nicht mehr als zwei Abteilungen miteinander verbunden werden sollen.

Die beiden Abteilungen sollten durch ein Scharnier und nicht in einer nicht nachgebenden Weise miteinander verbunden sein. Dieses Scharnier muß hinreichend stark sein, sodaß eine Abteilung die andere zu tragen vermag. Es verursacht keinerlei Schwierigkeit, die Abteilungen in einer Linie zu halten, und wenn sich eine derselben gegen das Schiff aufrichten will, hält der Kiel die Abteilungen in ihrer richtigen Lage. Selbstverständlich muß das Pumpen mit Überlegung vor sich gehen. Wenn das Schiff beispielsweise nur die eine Hälfte der Länge der Abteilungen aufliegt, dann darf das Wasser nur von dem Teil ausgepumpt werden, welcher direkt belastet ist, anderenfalls werden das Scharnier und das eine Ende des Kiels ungeheuer beansprucht.

Diese Anordnung eines Docks in zwei Abteilungen kann nicht voll ausgenützt werden, wenn das Schiff nicht eine praktisch gerade Kiellänge von mindestens 100 m hat.

F. Wenn die beiden Abteilungen des Docks zusammen arbeiten, so ist der passende Platz für den Dockmeister an der Verbindungsstelle. Sind dann die Häuser, in denen die Hebel für die Ventile untergebracht sind, jedes auf der Mitte seiner Abteilung aufgebaut, so muß zwischen dem Meister und seinen Gehilfen an den Hebeln eine telegraphische Verbindung hergestellt werden. Werden die Ventile durch Kraft bedient, so müssen an zwei oder mehr Stellen in jeder Abteilung Vorrichtungen angebracht werden, wodurch sofort die Kraft in Tätigkeit gesetzt werden kann. Selbstverständlich müssen die Telegraphen tadellos arbeiten und nicht zu Mißverständnissen Veranlassung geben. Aus diesem Grunde gibt Verfasser derjenigen Anordnung den Vorzug, welche sowohl bezüglich der gegenseitigen Stellung der Hebel als auch der Weite ihrer Bewegungen, dem Betätigungs-Hebelsystem der Unterabteilungen am meisten gleichkommt. Dann ist kein Mißverständnis möglich. Der Meister hat einen Hebel an der Verbindungsstelle zwischen den Abteilungen, dieser kleine Hebel hat seinen entsprechenden Hebel im Hebelhause und der Mann an den Betätigungshebeln braucht nur seinen Hebel genau nach dem



Telegraphenhebel zu stellen. Verfasser hat mit diesem System stets ohne die geringste Unannehmlichkeit gearbeitet.

G. Eine wichtige Sonderfrage bei dem L-Dock ist, es zu verhüten, daß das eigentliche Dock an seinen Seitenpontons längs gleitet. Die Parallelbäume schützen gegen eine derartige Bewegung nicht. Eine auf den oberen Bäumen kreuzweise angeordnete und mit den Spitzen der beiden äußersten Ständer auf den Seitenpontons und mit den Enden der hohen Seitenkästen, dicht bei den Befestigungsbolzen der Bäume, verbundene Kreuzspreizung aus Draht wird diesen Zweck, wenigstens solange das Dock gehoben und gesenkt wird, erfüllen. Glaubt man, daß die Ständer durch Wind und Strom übermäßig beansprucht werden, obschon man die Drähte stark genug nehmen kann, so können oben auf den Seitenkästen Führungen angebracht werden, welche aber nur als weitere Sicherheitsvorrichtung und nur dann, wenn das Dock nicht in Bewegung ist, in Tätigkeit treten dürfen.

H. Schwimmdocks erfordern eine Menge Ausrüstungsgegenstände, die jedoch hier nicht näher besprochen, sondern nur aufgezählt werden sollen.

Zu demselben gehören die Treppen und dann höhere Plattformen.

Plattformen auf der inneren Seite der hohen Seitenwände sind sehr praktisch, weil sie sowohl zu den Decks niedriger im Dock befindlicher Schiffe, als auch zu den Anstreicherbrettern Zugang gewähren.

Betings und Poller sind nötig, um das Schiff und das Dock festzulegen.

Geländer werden oben auf den hohen Seitenwänden gebraucht.

Laufplanken nach dem Dock und dem oberen Teil der hohen Seitenwände sind in allen Lagen erforderlich.

Fender werden außen gebraucht, um außen festgemachte Schiffe gegen Beschädigung zu sichern und innen, um die Treppen und Plattformen auf der hohen Seitenwand zu schützen.

Druckpumpen und Rohrleitungen nach den Schläuchen werden zur Reinigung des Schiffsbodens und zum Füllen der Behälter (Tanks) und Kessel benötigt.

Luftrohre von allen mittleren Abteilen in U-Dock und von den drei äußeren Abteilungsreihen im L-Dock. Die obere Öffnung dieser Luftrohre muß nahe dem oberen Teile der hohen Seitenwand sein, während der untere Teil derselben schräg nach dem Abteil laufen muß, so daß das Luftrohr stets frei von Wasser bleibt.

Zur Orientierung für den Dockmeister und die Leute an den Ventilhebeln ist an jedem Arbeitsplatze die Anbringung eines Pendels erforderlich.

Ahmings müssen an jedem Ende der hohen Seitenwände angebracht werden.

Sehr nützlich sind Krane für das Arbeiten mit schweren Teilen, wie Propeller, Hintersteven, Propellerwellen usw.

Auch sind in einem großen Dock Winden zum raschen Arbeiten auf den Schiffen nötig.

Spille, zum Bewegen der kleineren Abteilung nach der größeren zu und von derselben weg, sind notwendig, auch irgend eine Vorrichtung, um die sich nähernde Abteilung in ihre richtige Stellung in Bezug auf die größere zu bringen.

Es sei daran erinnert, daß, wenn die beiden Abteilungen getrennt arbeiten, ein Raum von mindestens 15 m zwischen denselben vorhanden sein sollte, damit die Schiffe über die Enden der Docks hinaushängen können. Docks, welche so eingerichtet sind, daß sie über ihre Enden überhängende Schiffe aufnehmen können, müßten kräftige gebaute Schwimmer oder Pontons haben, welche unter die Überhänge gestellt und in irgend einer Weise mit dem Schiffe so verbunden werden, daß jede individuelle Bewegung dieser Schwimmer verhindert wird. Auf diesen Schwimmern werden Bühnen errichtet und Materialien sowie Propeller und andere schwere Gegenstände gelagert, mithin müssen die Schwimmer eine für solche Lasten hinreichende Schwimmfähigkeit besitzen.

Ist ein Dockdeck flach, und arbeiten keine Pallen für Kimmstützen durch den Boden des Docks, wodurch dem Wasser freier Zutritt gelassen wird, so müssen Speigatten von hinreichender Größe durch den Boden des Docks vorgesehen werden, sowohl zum Ablassen des Wassers als auch um das Deck unter Wasser zu setzen.

Ein flaches Deck ist ein Teil der einfachen Formen, welche angewendet werden müssen, soll ein Dock billig gebaut werden. Andererseits würde ein Deck, welches pro Meter Dockbreite etwa 15—20 mm gegen die Stapelklötze in die Höhe geführt ist, für das Arbeiten auf dem Dock von größtem Vorteil sein und hält Verfasser ein Dock mit nach den Seiten abgeschrägten Enden trotz der Mehrkosten für preiswert.

Augenbolzen, längs der Seiten angebracht, sind, namentlich beim Reparieren von Schiffen, sehr nützlich.

J. Eine sehr wichtige Frage ist die, wie in einem nördlichen Klima die Rohre und Ventile gegen Beschädigung durch Einfrieren zu schützen sind. Das Beste wäre natürlich, bei gefährlich kaltem Wetter auf dem Dock gar nicht zu arbeiten, um das Dock wasserfrei zu halten, oder es so tief zu ver-



senken, daß es auf dem Grunde frei von Frost bleibt. Dadurch müßte aber das Dock vielleicht während mehrerer Monate unbenutzt liegen, was kein Geschäft mehr wäre. Somit muß irgend eine Heizeinrichtung geschaffen werden. Dampf ist das geeignetste Mittel und seine Einführung würde entweder durch das Hauptrohr oder durch ein besonderes Röhrensystem erfolgen. Die Heizung weiter als bis nach dem das Hauptrohr, die Ventile und die Pumpen enthaltenden Abteil zu führen, ist nach den Erfahrungen des Verfassers nicht notwendig.

Ein Dock braucht noch manche Ausrüstungsgegenstände mehr, z. B. elektrisches Licht, pneumatische Anlagen usw., doch sind dieselben mehr für die Werkstätten, als für ein Schwimmdock als solches charakteristisch.

6. Instandhaltung.

Die sehr wichtige Frage, den Bau in gutem Zustande zu erhalten und besonders den Stahl gegen Rosten zu schützen, hat zu sehr vielem Nachdenken Anlaß gegeben, infolgedessen eine Menge verschiedener Pläne vorgeschlagen worden sind, welche dem Dock seinen Hauptcharakter geben, und welcher in der Regel am meisten den Gegenstand von Besprechungen bildet. Diese Frage ist in dem Abschnitt „Bauart“ behandelt worden, und es soll jetzt hier ein Vorschlag gemacht werden, in welcher Weise alle Bolzenbefestigung vermieden werden kann, und doch das U-Dock dauernd in gutem Zustande bleibt. Dieser Vorschlag ist in Fig. 20 und 21 illustriert. Der Boden besteht aus einem Bohlenbelag, welcher an dem hölzernen Querspanten vermittels Dübel befestigt ist. Der Holzrahmen wird von dem Stahlrahmen durch 200 mm hohe hölzerne Blöcke getrennt und an dem Stahlrahmen vermittelst flacher, eiserner Haken, Zapfen und Keilen befestigt (s. Fig. 21). Da kein Druck von innen ausgeübt wird, so verbleibt der hölzerne Boden in seiner Lage. Für den Stapellauf schlage ich vor, die drei Längswände durch die hölzernen Bodenplanken zu führen. Diese hervorstehenden Längswände würden natürlich mit der Zeit ganz zerfressen werden, und die Korrosion würde schließlich den hölzernen Boden zerstören. Da ich keinen Anstrich kenne, welcher einen vollständigen Schutz gewähren würde, so schlage ich vor, die hervorstehenden Teile mit Bleiplatten zu bedecken, wie in Fig. 20 dargestellt. Das wasserdichte Querschott würde der Figur 21 gemäß gebaut werden. Der Stahl im Boden um die Seiten herum würde durch ein Neigen des Docks, wie in Fig. 22 und 23 angedeutet, konserviert werden. Der Stahl im Innern würde durch das Entfernen der Distanzblöcke, nur einige auf einmal, zugänglich gemacht werden.



Der Boden sollte sorgfältig hergestellt und kein Kalfatern angewandt werden, ausgenommen um die Ecken herum gegen den Rahmenwinkel.

Um den Boden zu schützen, kann ein zweiter aus Sparren gebildeter Los-Boden unter den hervorstehenden Längswänden vorgesehen werden.

Ein so gebautes Dock kann in kurzer Zeit gekrängt und unten angestrichen werden. Inwendig können die Instandhaltungsarbeiten zu jeder Zeit vorgenommen werden, sodaß jeder Teil behandelt werden kann, z. B. alle zwei Jahre, was indes von den Eigenschaften des Wassers und dem schützenden Anstrich abhängt.

In Fig. 22 und 23 ist gezeigt, wie das Ballastwasser verteilt werden sollte. Zunächst wird das Dock geleert, soweit die Pumpen dies vermögen. Hierbei ist ein Restwasser von 0,2 m überall angenommen. In Wirklichkeit werden die Pumpen einen großen Teil dieses Wassers auspumpen und das Krängen wird dann leichter sein.

Nachdem in dieser Weise alles Wasser entfernt ist, werden die Schieberventile für die End- oder Seitenabteile, welche gefüllt werden sollen, geöffnet und das Wasser eingelassen, bis das erwünschte Resultat erreicht ist.

Wird das Dock in seitlicher Richtung gekrängt, so sind einige Ventile außer Tätigkeit zu setzen (siehe Fig. 16).

Das L-Dock kann sich selbst docken, wie in Fig. 24 gezeigt. Das Lösen der Zapfen ist wirklich eine leichte Arbeit und erfordert weniger als einen Tag.

Die Anordnung des Dockbettes ist eine kostspieligere Sache. — Die Seitenpontons verlangen eine große Tiefe für die Ständer, so wie sie an den Kästen angebracht sind.

Die höchste Inanspruchnahme der Stabilität findet statt, wenn beim Selbstdocken das Wasser durch den Raum zwischen dem Boden des gehobenen Docks und dem Deck des hebenden dringt.

Die Koëffizienten für Aufrichtungsmomente sind:

Transversal:

1. bewirkt durch die Wasserlinie der Seitenkästen vermindert durch den Koëffizienten für das Gewicht von Seitenkästen	15 200
2. bewirkt durch die hohe Seite des hebenden Docks	143
3. bewirkt durch das Gewicht des Ballastwassers: 967 (1,75—0,5) = ...	1 209
Summe . . .	16 552

mt oder m⁴.



Neigung einer 60 m langen U-Dock Sektion in der Querrichtung.

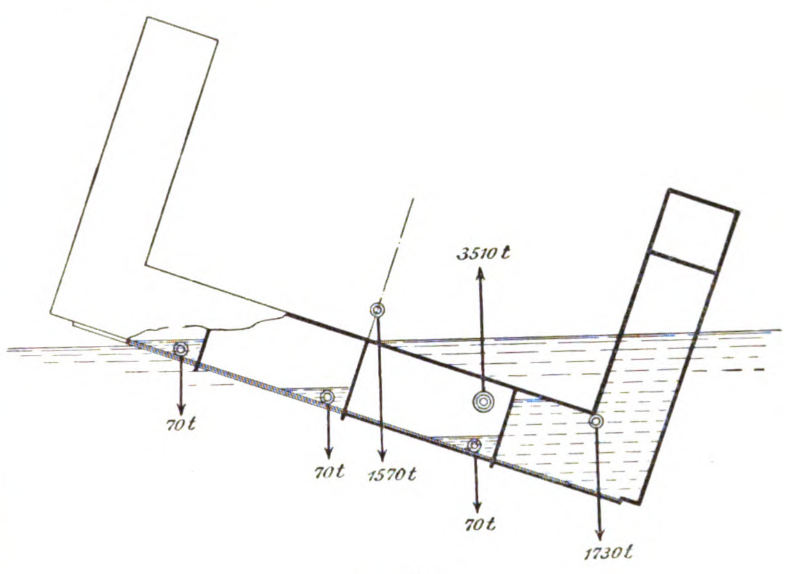


Fig. 23.

Die Koëffizienten für die neigenden Momente sind:

1. bewirkt durch Gewicht des gehobenen Docks:
   $1465\,(3{,}3 + 2 + 1{,}25) =$ 9 596
2. bewirkt durch Gewicht des hebenden Docks:
   $1080\,(3{,}3 - 1{,}75)$ 1 674
3. bewirkt durch freie Oberflächen des Ballastwassers des hebenden Docks:
   $2\,{}^{42}/_{12}\,(6{,}75^3 + 5{,}75^3 =$ 3 484

Summe . . . 14 754 mt oder m^4.

Folglich ein Überschuß von:

$$16\,552 - 14\,754 = 1798 \text{ m}^4,$$

welcher theoretisch das Heben des trocken gestellten Docks um

$$\frac{1798}{1465} = 1{,}2 \text{ m}$$

in Bezug auf das hebende Dock erlaubt.

Diese Berechnung beruht auf der Annahme, daß das gehobene Dock ganz frei von Ballastwasser ist. Beim Einfahren des 60 m L-Dock in die 42 m lange Sektion muß die erstere eine aufrechte Lage haben, weshalb etwas Wasser in den äußeren Abteilungen bleiben muß. Die neigende Wirkung solchen Wassers in den äußeren Abteilungen beträgt infolge der freien Oberfläche

$$\frac{60}{12} \cdot 5{,}75^3 = 950 \text{ m}^4.$$

Dementsprechend kann der oben genannte Koëffizent 1798 m^4 auf 950 m^4 oder auf 848 m^4 verkleinert werden.

In der Längsrichtung ist das Resultat günstiger und ergibt einen Überschuß, der durch den Koëffizienten 9800 m^4 gemessen wird.

Nachtrag.

Als einer Merkwürdigkeit unter den Schwimmdocks, soll der Konstruktion der bedeutenden englischen Ingenieure Clark & Standfield, London, Erwähnung getan werden. Dieselbe ist in Fig. 25–29 abgebildet. Das ganze Dock

sollte 2000 t heben, folglich 1250 t auf der 45,70 m Abteilung und 750 t auf der 27,42 m Abteilung.

In Fig. 30—33 sind die Stabilitätskurven angegeben, ähnlich denen in Fig. 9 und 10.

Die Resultante der Querrichtung Fig. 30 in der Stellung des Docks, wenn die Oberkante der niedrigen Seite gerade unter Wasser ist, hat einen Wert von 320 m^4.

Der Schwerpunkt der Verschiebung liegt nun 1,06 m unter dem Dockdeck und das Schiff ist ganz aus dem Wasser.

Die Höhe des Schwerpunkts des Schiffes oberhalb der Stapelklötze ist = x.

Somit ist alle Stabilität aufgebraucht, wenn

$$100\ (1{,}06 + 1{,}43 + x) = 320, \text{ woraus } x = 0{,}707 \text{ m.}$$

Wäre das Gewicht des Schiffes 130 t, d. h. gleich 130 cbm Wasser, dann wäre x = 0.

Der Länge nach (Fig. 31) arbeitet dieses Dock mit einem, nach dem Koëffizienten 390 m^4 gemessenen Stabilitätskoëffizienten, wenn die niedrige Seite gerade unter Wasser ist.

Die 45,70 m Abteilung hat einen Stabilitätsüberschuß von mindestens 150 m^4 in der Querrichtung (Fig. 32) und von 1233 m^4 in der Länge (Fig. 33).

Ein 100 t wiegendes Schiff kann eine Schwerpunktshöhe von x Fuß oberhalb der Stapelklötze haben, nach der Gleichung

$$100\ (1{,}06 + 1{,}43 + x) = 150, \text{ woraus } x = -\ 0{,}98 \text{ m.}$$

Das Dock ging verloren und ist nach der Bergung durch den Verfasser zu einem Sicherheitsdock umgebaut worden.



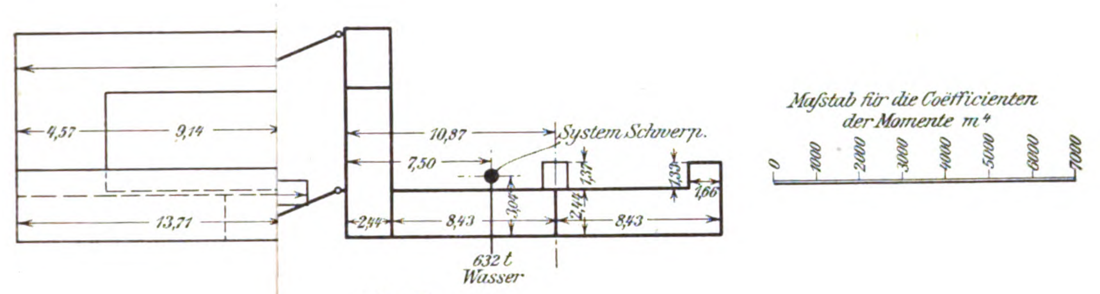


Fig 27.

Stabilitätskurven für das 45,7 m Dock.

Längsrichtung.

12,67

13,71

Dockgewicht

Gewicht d. Wasserballastes

J Dockseiten

W

Oberkante Seitenöffnungen

Resultante

J Dockseiten

J Wasserballast

Dockgewicht

Gewicht d. Wasserballastes

Oberkante der niedrigen Seite

J Neigende Kräfte

W

J Aufrichtende Kräfte

W

Fig. 31.

Stabilitätskurven für das 27,42 m lange Dock.

10,67

Querrichtung.

Oberkante der Seitenöffnungen

Resultante

J Wasserballast

J Seitenkästen

Dockgewicht

Gewicht d. Wasserballastes

Oberkante der niedrigen Seite

J

J

W

J Dockseiten

J

W

Fig. 32.

Längsrichtung.

Oberkante der Seitenöffnungen

Resultante

J Wasserballast

Dockgewicht

J Dockseiten

Gewicht d. Wasserballastes

Oberkante der niedrigen Seite

Neigende Kräfte

J

W

J

W

R

Aufrichtende Kräfte

Fig. 33.

XX. Schiffbautechnische Begriffe und Bezeichnungen.

Angenommen von der VI. Hauptversammlung am 18. November 1904.

I. Schiffbautechnische Begriffe.

1. Länge des Schiffes.

A. Länge über Alles
zu messen: als Entfernung zwischen zwei Loten, die senkrecht zur Schwimmebene durch die äußersten Punkte des Schiffes gelegt werden. (Bugspriet, Ruder usw bleiben unberücksichtigt.)

B. Länge in der Schwimmebene (Länge zwischen den Loten, Konstruktionslänge) zu messen:

I. bei Handelsschiffen in der Höhe der Tiefladelinie (Konstruktionswasserlinie) und zwar:

a) bei Eisen- und Stahlschiffen von Hinterkante Vorsteven bis Vorkante Hintersteven,

b) bei Schiffen mit Holzhaut von Außenkante Sponung am Hintersteven bis Außenkante Sponung am Vorsteven;

II bei Kriegsschiffen und bei Schiffen ohne Flacheisensteven in der Konstruktionswasserlinie (bezw. Tiefladelinie) und zwar von Hinterkante Hintersteven bis Vorkante Vorsteven.

2. Breite.

A. Breite über Alles
zu messen: an der breitesten Stelle des Schiffes über Scheuerleiste, Schwalbennester oder sonstigen Ausbauten.

B. Größte Breite im Schwimmkörper des Schiffes, zu messen: in oder unterhalb der Tiefladelinie bezw. der Konstruktionswasserlinie und zwar:

I. bei Eisen- und Stahlschiffen auf Außenkante Spanten,

II. bei Schiffen mit Holzhaut auf Außenkante Planken,

III. bei gepanzerten Schiffen auf Außenkante Panzer.

C. Größte Breite in der Schwimmebene, zu messen: an der breitesten Stelle der Konstruktionswasserlinie bezw. Tiefladelinie, sonst wie unter B.

3. Tauchtiefe (Konstruktionstiefe)

zu messen: im Hauptspant von der Schwimmebene bis Unterkante Spantwinkel bei Eisen- und Stahlschiffen und bis Außenkante Sponung bei Schiffen mit Holzhaut.



4. Tiefgang

zu messen: von der Schwimmebene bis Unterkante Kiel oder bis zum tiefsten unter Wasser liegenden Punkte des Längsplans einschließlich Ruder und Propeller. Es ist zu unterscheiden zwischen:

Tiefgang vorn, Tiefgang in der Mitte, Tiefgang hinten.

5. Höhe (Seitenhöhe)

zu messen: auf halber Schiffslänge von der Horizontalen durch Unterkante Spantwinkel bei Eisen- und Stahlschiffen (von Außenkante Sponung bei Schiffen mit Holzhaut) bis Oberkante Decksbalken des obersten durchlaufenden Decks (Hauptdeck bezw. Oberdeck) an der Bordwand.

6. Deplacement.

a) Volumen.

Das gesamte Volumen des vom Schiffe mit Außenhaut und allen Anhängen verdrängten Wassers; für die Ermittelung des Völligkeitsgrades jedoch zu rechnen ohne Außenhaut und Anhänge bei Eisen- und Stahlschiffen, mit Außenhaut jedoch ohne Anhänge bei Schiffen mit Holzhaut.

(Unter Anhängen sind verstanden: Wellenhosen, Wellenböcke, Wellen außerhalb des Schiffes, Schlingerkiele, Ruder, Propeller und die sonstigen außerhalb der Hauptabmessungen im Wasser liegenden Teile des Schiffes.)

b) Gewicht.

Gesamtgewicht des Schiffes ist das Gesamtvolumen des vom Schiff verdrängten Wassers multipliziert mit dem spezifischen Gewicht des Wassers.

(Es ist zu rechnen mit einem spezifischen Gewicht des Flußwassers = 1,000 und des Seewassers = 1,025.)

7. Konstruktions-Wasserlinie

ist die der Konstruktion zu Grunde gelegte Schwimmlinie.

(Die Wasserlinien sind nicht wie bisher von der Konstruktionswasserlinie aus nach unten und oben, sondern von der Unterkante Spantwinkel bezw. Außenkante Sponung im Hauptspant anfangend nach oben zu zählen.)

8. Hauptspant

ist das Spant mit der größten Fläche unterhalb der Tiefladelinie bezw. Konstruktionswasserlinie.

9. Lage der Deplacementsschwerpunkte.

Die Längslage der Schwerpunkte ist auf die Senkrechte auf halber Schiffslänge (siehe No. I B) zu beziehen.

Die Höhenlage ist von der Unterkante Spantwinkel im Hauptspant nach oben zu messen.

10. Stabilität

a) Statische Stabilität ist gleich dem Moment in geneigter Lage des Schiffes gebildet aus dem Auftrieb bezw. dem Schiffsgewicht und dem Abstande beider Kraftrichtungen.

b) Dynamische Stabilität ist die Arbeit, die zu leisten ist, um ein Schiff überzuneigen.



11. Metacentrum

a) der Krümmungsmittelpunkt der Deplacementsschwerpunktskurve (wahres Metacentrum),

b) der Schnittpunkt der Auftriebsrichtung bei einer Neigung mit der Senkrechten durch den Deplacementsschwerpunkt der Gleichgewichtslage (falsches Metacentrum, jedoch allgemein Metacentrum genannt).

Bei unendlich kleiner Neigung fallen wahres und falsches Metacentrum zusammen und liegen in der Symmetrieebene des Schiffes. Dieser Punkt heißt allgemein Metacentrum und dient zur Bestimmung der Anfangsstabilität.

12. Metacentrische Höhe

ist der Abstand des Breiten- oder Längenmetracentrums über dem Systemschwerpunkt des Schiffes in der Gleichgewichtslage.

13. Freibord

ist die Entfernung des tiefsten Punktes der Oberkante des Oberdecks an Bord über der Tiefladelinie oder der Konstruktionswasserlinie auf halber Schiffslänge.

14. Völligkeitsgrad

a) des Deplacements ist das Verhältnis des zwischen den Loten liegenden Deplacements (bei eisernen Schiffen auf Spanten, bei Schiffen mit Holzhaut auf Planken und in beiden Fällen ohne Anhänge zu rechnen) und dem umschriebenen Parallelepiped aus der Länge zwischen den Loten, der größten Breite des Schwimmkörpers und der Tauchtiefe bis Unterkante Spantwinkel bezw. Aussenkante Sponung im Hauptspant,

b) der Konstruktionswasserlinie ist das Verhältnis des zwischen den Loten liegenden Flächeninhalts der Konstruktionswasserlinie zum umschriebenen Rechteck aus der Länge zwischen den Loten und der größten Breite der Schwimmebene,

c) des Hauptspantes ist das Verhältnis der bis zur Tiefladelinie bezw. Konstruktionswasserlinie eingetauchten Fläche des Hauptspantes zum umschriebenen Rechteck aus der größten Breite dieses Spantes in bezw. unterhalb der Tiefladelinie oder Konstruktionswasserlinie und der Tauchtiefe bis Unterkante Spantwinkel bezw. Außenkante Sponung.

15. Maschinenleistung.

Man unterscheidet

1. N_i: Die vom Dampf an die Kolben abgegebene Leistung in PS.
2. N_e: Die von den Wellenleitungen an die Propeller abgegebene Leistung in PS.
3. N_n: Die von den Propellern an das Schiff angegebene Leistung in PS.

Es ist:

$N_n = N_w + N_p$, d. h. Nutzleistung = Leistung zur Überwindung des Schiffswiderstandes + zusätzlicher Leistung verursacht durch das Arbeiten der Propeller.



II. Leitsätze für die Auswahl der Bezeichnungen.

1. Die Begriffe werden, soweit möglich, durch den ersten Buchstaben des Wortes ausgedrückt. Die historischen Zeichen, welche sich sowohl im Schiffbau wie auch in der Mathematik und Mechanik eingebürgert haben, bleiben bestehen.

   z. B.: ⌀ für Durchmesser,
   ⊠ für Hauptspant,
   ⊙ für Schwerpunkt,
   J für Trägheitsmoment
   usw.

2. Die speziellen Begriffe werden durch Hinzufügen eines Index an die Abkürzung des zugehörigen Grundbegriffes charakterisiert.
3. Der Index wird entsprechend der Bezeichnung der Grundbegriffe durch den ersten Buchstaben des Wortes ausgedrückt.
4. Bei 1, 2 und 3 finden das große und das kleine lateinische Alphabet Verwendung, und zwar das große für die Grundbegriffe, das kleine möglichst nur für die Indices.
5. Das kleine griechische Alphabet dient zur Bezeichnung von Koeffizienten und Winkeln.

III. Bezeichnungen, deren Festlegung hauptsächlich wünschenswert ist.

[Mit Beispielen der Bezeichnungen spezieller Begriffe.]

A. Allgemeines.

Länge	L
Breite	B
Tiefe	T
Höhe	H
Umfang	U
Durchmesser	⌀, D, d
Radius	R, r
Summe	Σ
Areal, Fläche, Querschnittsfläche	F, f
Inhalt, Volumen	V, v
Schwerpunkt	⊙
Moment	M
Kraft, Druck	P
Spezifischer Druck	p
Gewicht	G
Widerstand	W
Arbeit	A
Beschleunigung der Schwere	g
„ , allgemeine	a



Winkelbeschleunigung . . . . ω
Reibungskoeffizient . . . . μ
Spezifisches Gewicht . . . . γ

B. Schiffskörper.

a) Allgemeine Abkürzungen.

Wasserlinie . . . . WL
Konstruktions-Wasserlinie . . . . CWL
Spant . . . . Spt
Hauptspant . . . . ⊗
Hinteres Perpendikel . . . . HP.
Vorderes „ . . . . VP.

b) Länge.

Länge zwischen den Perpendikeln bezw. in der Konstruktionswasserlänge. (Konstruktionslänge) L
„ über Alles . . . . L_{max}
„ des Vorschiffes . . . . L_v
„ „ Mittelschiffes . . . . L_m
„ „ Hinterschiffes . . . . L_h

c) Breite.

Breite, größte auf Spanten bei Eisenschiffen oder Planken bei Schiffen mit Holzhaut in bezw. unterhalb der Tiefladelinie oder Konstruktionswasserlinie . . . B
„ „ über Wasser . . . . $B_{max.}$
„ auf Hölzern . . . . B_h
„ „ Panzer . . . . B_p
„ „ Außenhaut . . . . B_a

d) Tauchtiefe und Tiefgang.

Tauchtiefe (Konstruktionstiefe) . . . . T
Tiefgang . . . . Tg
„ größter . . . . $Tg_{max.}$
„ vorn . . . . Tg_v
„ hinten . . . . Tg_h
„ mittlerer . . . . Tg_m

e) Höhe und Freibord.

Höhe (Seitenhöhe) . . . . H
Raumtiefe . . . . RT
Freibord . . . . F_b

f) Deplacement.

Volumendeplacement, gesamtes (Wasserverdrängung) in cbm . V_Σ
Gewichtsdeplacement, gesamtes in Tonnen . . . . D_Σ
Deplacement (Wasserverdrängung) auf Spanten oder Planken V
„ der Außenhaut oder Holzhaut . . . . V_h

Deplacement der Anhänge . . . . V_a

$$V_\Sigma = V + V_a + V_h$$

$$D_\Sigma = \gamma\, V_\Sigma = \gamma\,(V + V_a + V_a)$$

„ auf Außenhaut (Planken) . . . . V_p oder D_p

„ normales . . . . V_n oder D_n

g) Fläche.

Fläche der Konstruktionswasserlinie . . . . CWL

„ „ Wasserlinie . . . . WL

„ des Spantes . . . . Spt

„ „ Hauptspantes . . . . ⊠

„ „ Längsplanes . . . . F_l

„ des Ruders . . . . F_r

„ der Segel . . . . F_s

„ „ benetzten Oberfläche . . . . Ω

h) Völligkeitsgrad und Koëffizient.

Völligkeitsgrad des Deplacements (V) . . . . δ

„ der Wasserlinie . . . . α

„ des Hauptspantes . . . . β

„ der Spantflächenskala . . . . $\varphi = \delta/\beta$

„ „ Schwimmflächenskala . . . . $\lambda = \delta/\alpha$

$\frac{\delta}{\alpha \times \beta}$ . . . . $\varkappa$

Koëffizient in der französischen N_i Formel $\sqrt[3]{\frac{V^3\,⊠}{N_i}}$ . . . . . . m

„ „ „ englischen N_i Formel $\frac{V^3 D^{2/3}}{N_i}$ . . . . C_1

i) Schwerpunkt.

Deplacementsschwerpunkt . . . . $D\odot$ oder F

System- oder Gewichts-Schwerpunkt . . . . $G\odot$ „ G

Schwerpunkt der Konstruktionswasserlinie . . . . $CWL\odot$

„ „ Wasserlinie . . . . $WL\odot$

„ des Längsplanes . . . . $L\odot$

„ „ Ruders . . . . $R\odot$

„ „ Segelsystems . . . . $S\odot$

k) Druck.

Ruderdruck . . . . P_r

Segeldruck . . . . P_s

l) Moment und Hebelsarm.

Trimmoment . . . . M_t

Rudermoment . . . . M_r

Segelmoment . . . . M_s

Längenträgheitsmoment der Wasserlinie . . . . J_l

Breiten „ „ „ . . . . J_b

Moment der statischen Stabilität . . . . M_{st}

Hebelsarm der „ „ . . . . h

m) Metacentrum.

Längenmetacentrum	M_l
Breiten „	M_b
Längenmetacentrum über Systemschwerpunkt	$\overline{M_l G}$
„ „ Deplacementschwerpunkt	$\overline{M_l F}$
Breitenmetacentrum „ Systemschwerpunkt	$\overline{M_b G}$
„ „ Deplacementsschwerpunkt	$\overline{M_b F}$

n) Gewicht.

Gewicht, gesamtes, des Schiffes	G_Σ
„ des Schiffskörpers	G_s
„ „ Panzers	G_p
„ der Armierung	G_a
„ „ Maschinenanlage	G_m
„ „ Kohlen, normal	G_k
„ „ gesammten Kohlenzuladung	$G_{\Sigma k}$
„ „ Ausrüstung	G_{au}
Gewichtsreserve	G_r

für Kriegschiffe

$$G_\Sigma = G_s + G_p + G_a + G_m + G_k + G_{au} + G_r$$

für Handelsschiffe

$$G_\Sigma = G_s + G_m + G_k + G_l$$

o) Winkel.

Krängungswinkel	φ
Trimmungswinkel	τ

p) Schiffswiderstand und Geschwindigkeit.

	Schiff	Modell
Gesamtwiderstand	W_Σ	w_Σ
Schiffswiderstand	W	w
Reibungswiderstand	W_r	w_r
Formwiderstand (Wirbel und Wellen bildender Widerstand)	W_f	w_f
Luftwiderstand	W_l	w_l
Widerstände der Anhänge	W_a	w_a
Propeller Widerstand	W_p	w_p

$$W = W_r + W_f + W_l + W_a$$

$$w = w_r + w_f + w_l + w_a$$

$$W_\Sigma = W + W_p = W_r + W_f + W_l + W_a + W_p$$

$$w_\Sigma = w + w_p = w_r + w_f + w_l + w_a + w_p$$

Widerstandsarbeit in mkg	A_w
„ „ PS.	N_w
Maschinenleistung „ PS.	N
Nutzleistung der Maschinen PS.	N_e
Indicierte Maschinenleistung in PS.	N_i
Wirkungsgrad der Maschine $\frac{N_e}{N_i}$	η_m
„ „ Propeller $\frac{N_w}{N_e}$	η_p
Gesammt-Wirkungsgrad der maschinellen Anlage $\eta_m \times \eta_p$	η
Wirkungsgrad (für Modellschleppversuche)	ε
Geschwindigkeit in Knoten/Std. } des Schiffes	V
„ „ Metern/Sek. } des Schiffes	v

C. Maschinen und Kessel.

a) Maschine.

Zylinder	C
Receiver	R
Hochdruck	H
Mitteldruck	M
Niederdruck	N
Hochdruckcylinder	HC
Mitteldruckcylinder	MC
bei vierzylindrigen Maschinen	
erster Mitteldruckzylinder	MC_I
zweiter „	MC_{II}
Niederdruckzylinder	NC
Zylinder-Durchmesser	D_H, D_M, D_N
Kolbenhub	h
Kolbenfläche	F_H, F_M, F_N
Kolbengeschwindigkeit	c
Dampfdruck	p
„ , mittlerer theoretischer	p_m
„ , „ indicierter	p_i
Füllungsgrad	ε
Völligkeitsgrad des Diagramms $\frac{p_i}{p_m}$	$\varkappa$
Kondensatorspannung	p_c

b) Kessel.

Heizfläche eines Kessels	H
„ aller Kessel	H_Σ
Rostfläche eines Kessels	R
„ aller Kessel	R_Σ
Kesselspannung	p_k

D. Propeller.

Schraubendurchmesser	D oder ∅
Schraubensteigung	H
Abgewickelte Schraubenfläche	F_a
Projicierte „	F_p
Schraubenkreisfläche	F_d
Schraubenschub	S
Raddurchmesser in der Mitte Schaufel	D oder ∅
„ äußerer	D_a
„ innerer	D_i
Anzahl der Schaufeln	z
Schaufellänge	l
Schaufelbreite	b
Fläche einer Schaufel	F_s
„ der eingetauchten Schaufeln eines Rades	F_r
Achsiale Propellergeschwindigkeit in Knoten/Std.	U
Achsiale Propellergeschwindigkeit in Metern/Sek.	u
Umfangsgeschwindigkeit des Propellers	U_p, u_p
Slip	s

XXI. Bekanntmachung des Vereines zur Beförderung des Gewerbfleißes.

Der Vorstand des Vereines zur Beförderung des Gewerbfleißes hat die Schiffbautechnische Gesellschaft gebeten, ihren Mitgliedern davon Kenntnis zu geben, daß er kürzlich die nachstehenden Bestimmungen für Preisbewerbungen aufgestellt hat. Durch diese neuen Bestimmungen wird mit den bisherigen Gepflogenheiten gebrochen und in neue Bahnen eingelenkt. Es steht zu hoffen, daß hierdurch der Gewerbfleiß durch sachgemäße Lösung von Fragen gehoben wird, welche für die Entwickelung der Industrie und Technik von besonderem Nutzen sein können.

Anregungen für Preis-Ausschreibungen wollen unsere Mitglieder an den Verein zur Beförderung des Gewerbfleißes, Charlottenburg, Berlinerstr. 151, richten.

Der Vorstand
der Schiffbautechnischen Gesellschaft.

Bestimmungen für die Lösung von Preisaufgaben usw.

§ 1.

Vorschläge für wissenschaftliche Aufgaben und literarische Arbeiten, welche die Beförderung des Gewerbfleißes bezwecken und dem Vereine zugehen, werden vom Technischen Ausschusse gesichtet und dem Vereine vorgelegt.

§ 2.

Der Verein bestimmt die Aufgaben, welche gestellt werden sollen und beschließt über die Höhe der auszusetzenden Honorare.

§ 3.

Der Vorstand des Vereins fordert hierauf unter Festsetzung einer bestimmten Frist öffentlich zur Beteiligung an der Bewerbung auf, wonach der Technische Ausschuß unter den Bewerbern eine Auswahl trifft. Der Technische Ausschuß hat außerdem das Recht ihm geeignet erscheinende Personen besonders zur Bewerbung aufzufordern.



§ 4.

Der Vorstand des Vereins fordert alsdann die vom Technischen Ausschusse vorgeschlagenen Bewerber auf, eine ausführliche Disposition einzureichen und den Zeitpunkt, der beabsichtigten Fertigstellung der Arbeit anzugeben, weist im übrigen gleichzeitig darauf hin, daß er sich die endgültige Auswahl des Bewerbers ohne Angabe von Gründen vorbehalte.

§ 5.

Das ausgesetzte Honorar wird ausgezahlt, wenn die Arbeit rechtzeitig eingeht und den Ansprüchen des Technischen Ausschusses genügt. Die Arbeit wird durch Zahlung des Honorars Eigentum des Vereins.

Besichtigungen.

XXII. Das Königliche Materialprüfungsamt der Technischen Hochschule Berlin zu Groß-Lichterfelde-West.

Auch für den Schiffbau hat das moderne Materialprüfungswesen eine gewaltige Bedeutung gewonnen. Der Schiffbaukonstrukteur kann seine ganze Kunst erst entfalten, wenn ihm das vollkommenste Material zu mäßigen Preisen verfügbar wird, wenn er weiß, bis zu welchem Maße er dessen Eigenschaften in der Konstruktion ausnutzen darf, ohne den Sicherheitsgrad des Bauwerkes herunter zu drücken.

Das moderne Prüfungswesen erkennt als seine Aufgabe: „die Grundlagen für die immer vollkommenere technische Ausnutzung der uns von der Natur gebotenen Rohstoffe ständig zu erweitern, und die Umwandlung der Rohstoffe in unseren technischen Betrieben vervollkommnen zu helfen, sodaß der wirtschaftliche Gewinn immer größer, der Verlust an nutzlosem Abfall und an nutzloser Arbeit immer kleiner, die Leistung der erzeugten Materialien beim Verbrauch oder in unseren Konstruktionen immer ergiebiger wird".

Eine ganz neue Pflegestätte für das Materialprüfungswesen ist mit dem ersten April vorigen Jahres in dem Königlichen Materialprüfungsamte zu Groß-Lichterfelde-West, an der Wannseebahn bei Berlin gelegen, vom Preußischen Staate errichtet worden, weil es als notwendig erkannt wurde, daß der Staat über ein öffentliches Materialprüfungsamt verfüge, das vermöge seiner Einrichtungen und zuverlässigen Tüchtigkeit seiner Beamten unbedingt an erster Stelle steht. Seine Leistungsfähigkeit und seine Interessenlosigkeit gegenüber dem Erzeuger und dem Verbraucher der Materialien muß das Amt befähigen, nicht nur in engster Fühlung mit der Praxis, das Materialprüfungswesen und seine Hilfsmittel ständig zu verbessern, sondern auch als Schieds-

richterin in Streitfällen zu entscheiden, oder den ordentlichen Gerichten und seinen eigenen Auftraggebern als Gutachterin zu dienen.

Das Amt soll deswegen jedermann zugänglich sein, und jedermann soll, gegen Entrichtung der Gebühren, Materialprüfungen vornehmen lassen können.

Das neue Materialprüfungsamt ist unter Benutzung der Errungenschaften und Erfahrungen der letzten beiden Jahrzehnte aus der Vereinigung der bisherigen Königlichen Mechanisch-Technischen und Königlichen Chemisch-Technischen Versuchsanstalten entstanden, von denen die erstere mit der Technischen Hochschule in Charlottenburg, die andere mit der Bergakademie in Berlin verbunden war.

Über seine Einrichtungen, seine Aufgaben und Ziele ist von dem Direktor, Geheimen Regierungsrat Professor A. Martens, und dem Bauleiter, Landbauinspektor M. Guth, in amtlichem Auftrage eine Denkschrift verfaßt, die im Verlage von Julius Springer-Berlin erschienen ist. Aus dieser Denkschrift sind die folgenden Abbildungen entnommen. Die wegen des beschränkten Raumes hier nur kurz zu gebenden Erläuterungen über Gliederung, Neubau, Betriebseinrichtungen und Arbeiten des Amtes sind in der Denkschrift sehr viel ausführlicher zu finden.

Gliederung des Amtes.

Die Leitung des Amtes untersteht dem obengenannten Direktor, dem in den Professoren Rudeloff und Heyn zwei Unterdirektoren zur Seite stehen, von denen der erstere den mehr mechanischen, der zweite den mehr chemischen Teil des Betriebes führt. Der mechanische Teil zerfällt in die:

Abteilung 1 für Metallprüfung, in der vornehmlich die Baustoffe für den Maschinenbau — Metalle, Leder, Holz usw. — geprüft und Festigkeitsuntersuchungen aller Art, physikalische Prüfungen, die Untersuchung von Prüfmaschinen, Apparaten und Geräten ausgeführt werden; sie untersteht dem Professor Rudeloff.

Abteilung 2 für Baumaterialprüfung, in der die Baustoffe für das Baufach, wie Steine, Bindemittel, Mörtel, Beton auf Beschaffenheit und Festigkeit geprüft, sowie Deckenproben, Brandproben, Abnutzungsversuche und Gefrierversuche vorgenommen werden; sie untersteht dem Professor Gary.

Abteilung 3 für Papierprüfung, in der die Rohstoffe und Erzeugnisse der Papier- und Textilindustrie auf Herkunft und Eigenschaften untersucht

werden und namentlich das Papier für amtliche Zwecke geprüft wird; sie untersteht dem Professor Herzberg.

Der zweite umfaßt die

Abteilung 4 für Metallographie, in der insbesondere metallurgische, mikroskopische, chemische und physikalische Untersuchungen des Eisens und anderer Metalle ausgeführt werden; sie untersteht dem Professor Heyn.

Abteilung 5 für allgemeine Chemie, in der die chemisch-analytischen Untersuchungen der Baustoffe für die Technik, Untersuchungen an Brennstoffen, Erzen, Metallen, Wasserarten, Anstrichfarben, Tinten und sonstigen Roh- und Fertigstoffen der chemischen Industrie vorgenommen werden; sie untersteht dem Professor Rothe.

Abteilung 6 für Ölprüfung, in der die chemischen und physikalischen Untersuchungen von Ölen, Fetten, Seifen usw. ausgeführt werden; sie untersteht dem Professor Dr. Holde.

Der Allgemeine Betrieb umfaßt die Allgemeine Verwaltung, das Bureau- und Kassenwesen, die Bücherei, die Sammlungen, die Kessel- und Maschinenanlagen, die Kraftzentralen und die Werkstätten für Ausbesserungen und Probenbearbeitungen.

Das Personal des Amtes besteht zurzeit aus 1 Direktor, 2 Unterdirektoren und Abteilungsvorstehern, 4 Abteilungsvorstehern, 7 ständigen Mitarbeitern, 26 Assistenten, 27 Technikern, 46 Gehilfen und Arbeitern und 1 Bureauvorsteher nebst 25 Beamten, Dienern usw.; im ganzen 139 Personen.

Der Neubau zu Groß-Lichterfelde-West.

Lage und allgemeine Anordnung der Gebäude ergeben sich aus der Übersicht (Fig. 1) und dem Lageplan (Fig. 2.)

Die Hauptfront ist an die Berlin-Potsdamer Chaussee verlegt, von der aus auch Zugang und Einfahrt zum Amte stattfindet. Das Grundstück ist vom Bahnhof Groß-Lichterfelde-West zu Fuß im fünf Minuten zu erreichen; es hat 5,2 Hektar Flächengröße und ist längs der Bahn 263 m und längs der Chaussee 290 m lang, während die Grenzlinien dazwischen im Osten 181 und im Westen 197 m betragen. Für die Arbeitsräume sind an nutzbaren Raumflächen 10 360 qm vorhanden, während der umbaute Raum 60 400 cbm beträgt. Die Baukosten belaufen sich auf rund 2 700 000 M., von denen etwa 600 000 M. auf die Betriebsausstattung entfallen. Im Juli 1901 wurde mit dem Bau begonnen, und zu Ostern 1904 kam die Neuanlage vollständig in Betrieb.



Uebersicht.

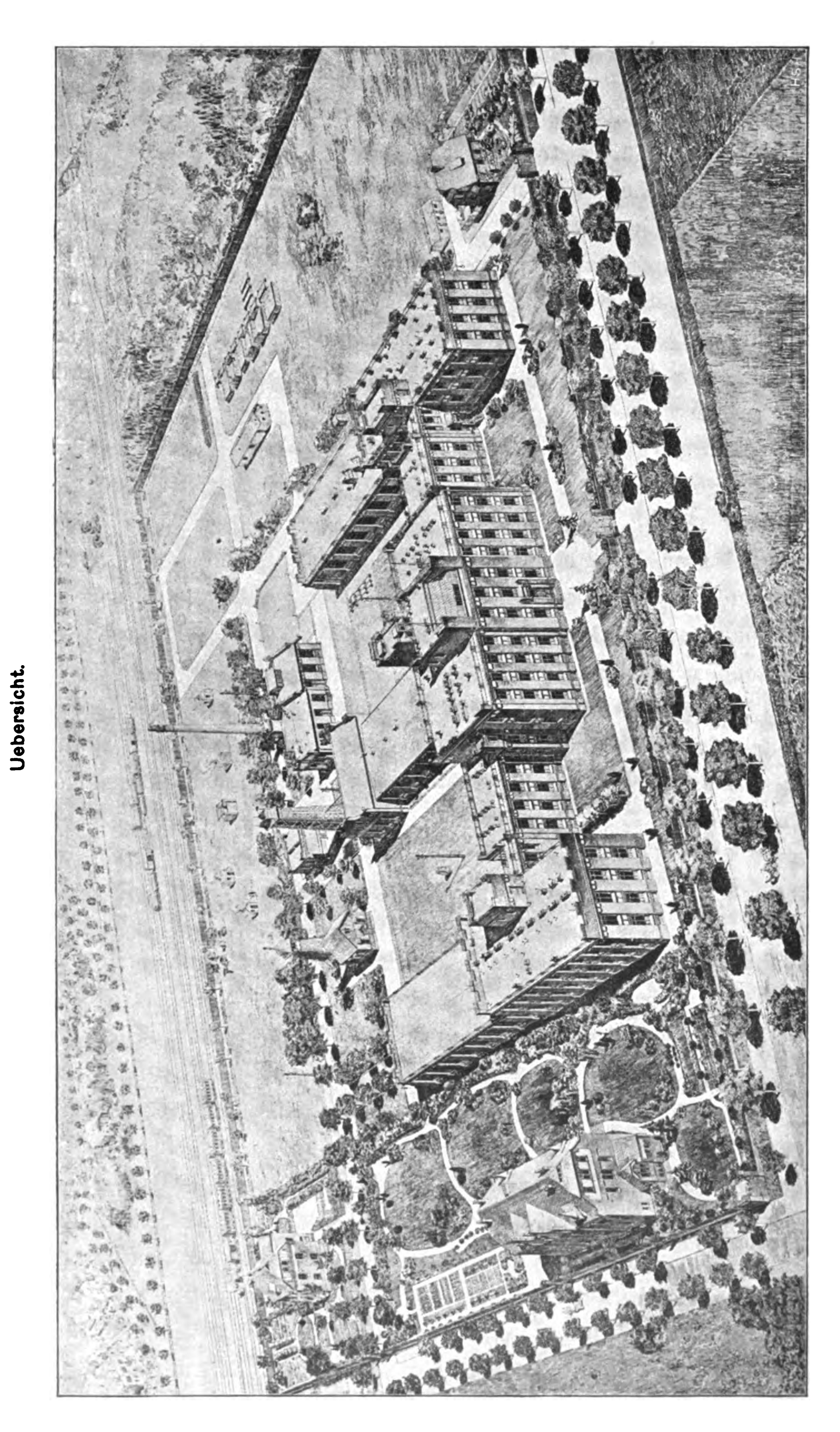
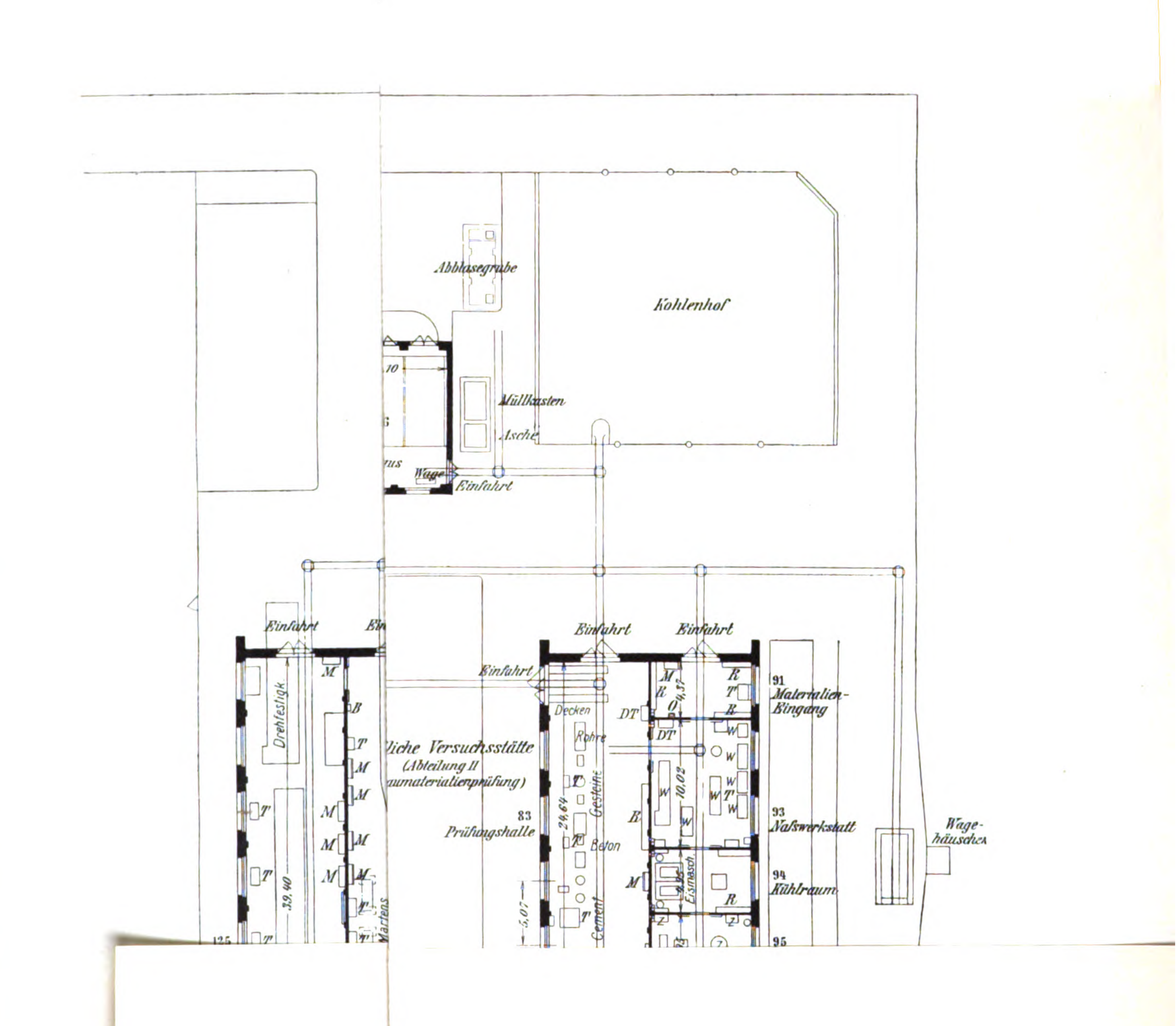
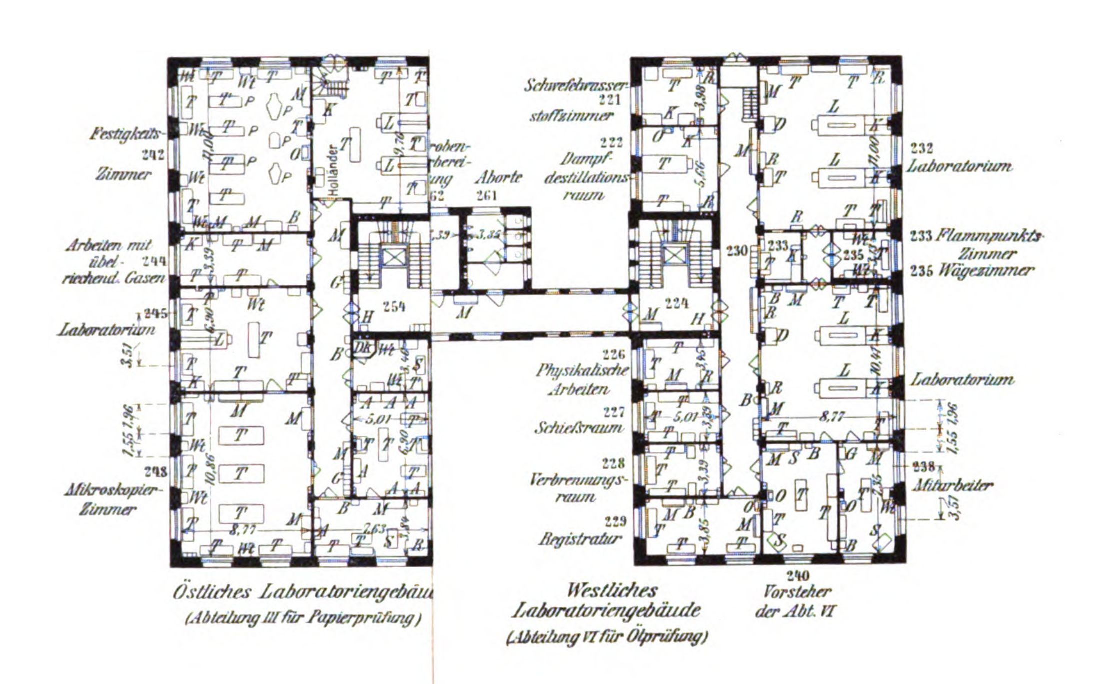


Fig. 1.



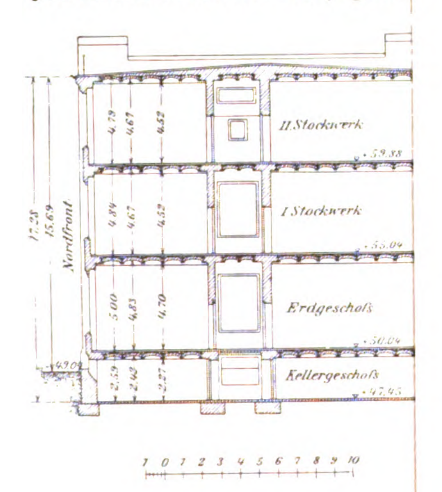
Abblasegrube
Kohlenhof
Müllkasten
Asche
Wage
Einfahrt
Einfahrt
Einfahrt
Einfahrt
Einfahrt
Drehfestigk.
39,40
Versuchsstätte
(Abteilung II
Prüfungshalle
83
Decken
Rohre
Gesteine
Beton
Cement
24,64
5,07
10,02
4,37
Eismasch.
91
Materialien-
Eingang
93
Naſswerkstatt
94
Kühlraum
95
Wage-
häuschen
Martens
125



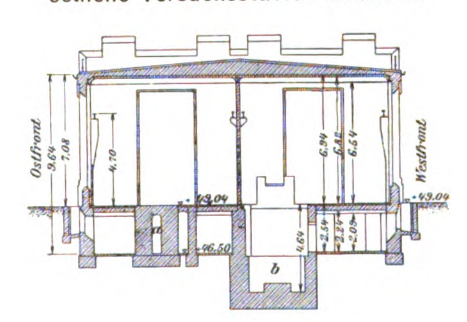
Östliches Laboratoriengebäu(de)
(Abteilung III für Papierprüfung)

Westliches Laboratoriengebäude
(Abteilung VI für Ölprüfung)

Querschnitt durch das Hauptgebäu(de)



Querschnitt durch das
östliche Versuchsstätten-Gebäude.



Die Verteilung der einzelnen Betriebe auf die Gebäude geht aus den Plänen Fig. 3 und 4 hervor, von denen Fig. 4 auch zwei Hauptquerschnitte durch die Gebäude gibt.

Dem allgemeinen Betriebe dienen das Kesselhaus K, Fig. 2, mit drei Kesseln zu je 70 qm Heizfläche mit 8,5 at Überdruck, zum Betriebe der

Lageplan des Grundstückes mit den Gebäuden und Straßen.

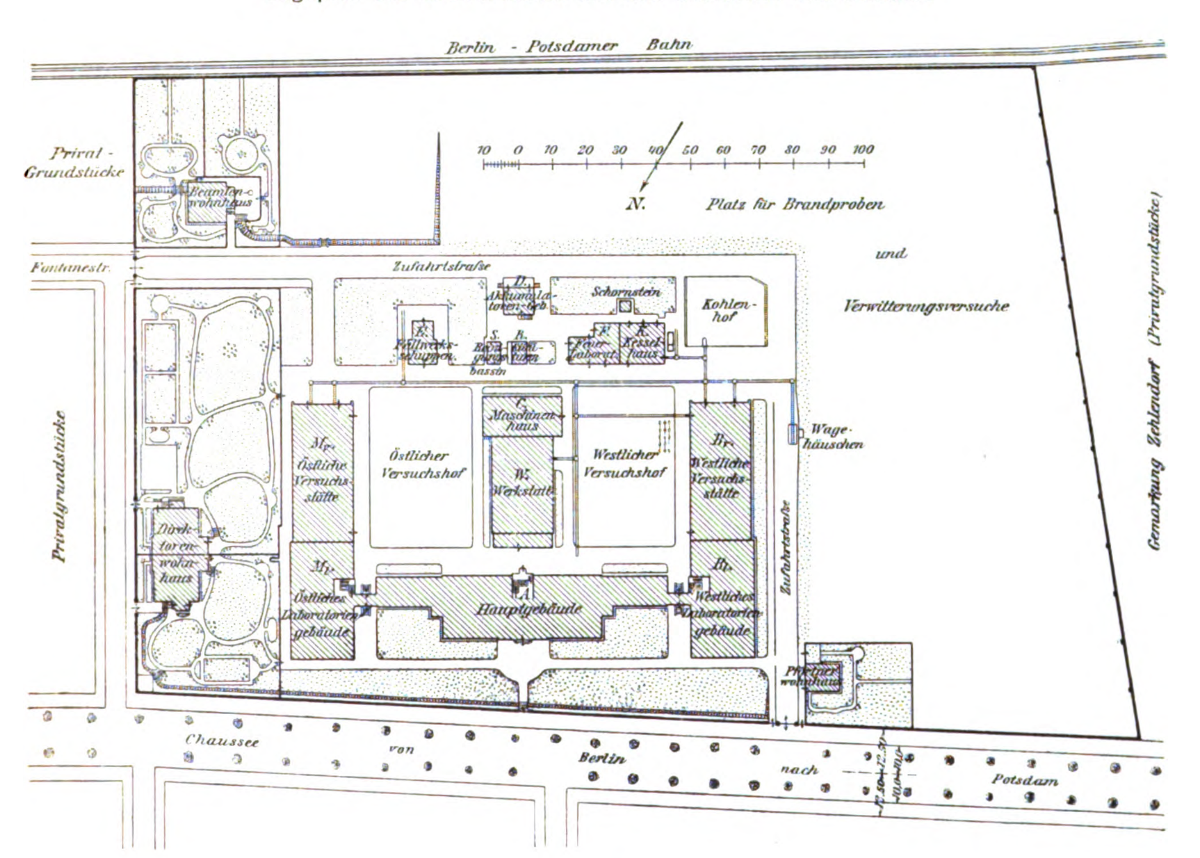


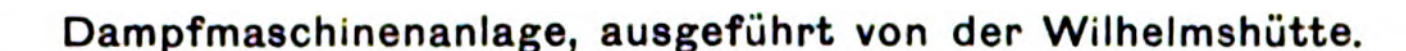
Fig. 2.

Dampfheizung für alle Gebäude und der beiden Dampfmaschinen. Der Dampf kann in Hering'schen Überhitzern um 100 C° überhitzt werden.

Das Kesselhaus nimmt auch die Schmiede und zwei Schmelzräume für die Abteilungen 2 und 4 auf.

Die beiden Dampfmaschinen von je 60 Pferdestärken sind im Maschinenhause C (Fig. 2) untergebracht. Sie dienen zur Erzeugung elektrischen

Stromes von 220 Volt, der zum Teil unmittelbar an die Betriebe abgegeben, zum Teil zur Speisung der Akkumulatorenbatterie im Hause D benutzt wird. Die Kondensatoren der Dampfmaschinen stehen mit dem Rückkühlturm R in Verbindung, in denen das heiße Wasser durch automatische



Dampfmaschinenanlage, ausgeführt von der Wilhelmshütte.

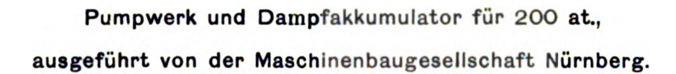
Fig. 5.

Dampfpumpen gefördert und herabträufelnd durch den aufsteigenden Luftstrom gekühlt wird. Fig. 5 zeigt die Dampfmaschinen und die elektrische Zentrale.

Am anderen Ende des Maschinenhauses ist die hydraulische Zentrale untergebracht, bestehend aus je einem Pumpwerke, das einen Dampfakkumulator bedient; die eine Anlage (Fig. 6) ist für 200, die andere für

400 at Wasserdruck bestimmt. Beide Anlagen sind elektrisch angetrieben und werden von ihren Akkumulatoren selbsttätig gesteuert.

Die Dampfleitungen werden vom Kesselhause zum Maschinenhause durch die allgemeinen, sämtliche Gebäude unterirdisch mit einander verbindenden



Pumpwerk und Dampfakkumulator für 200 at., ausgeführt von der Maschinenbaugesellschaft Nürnberg.

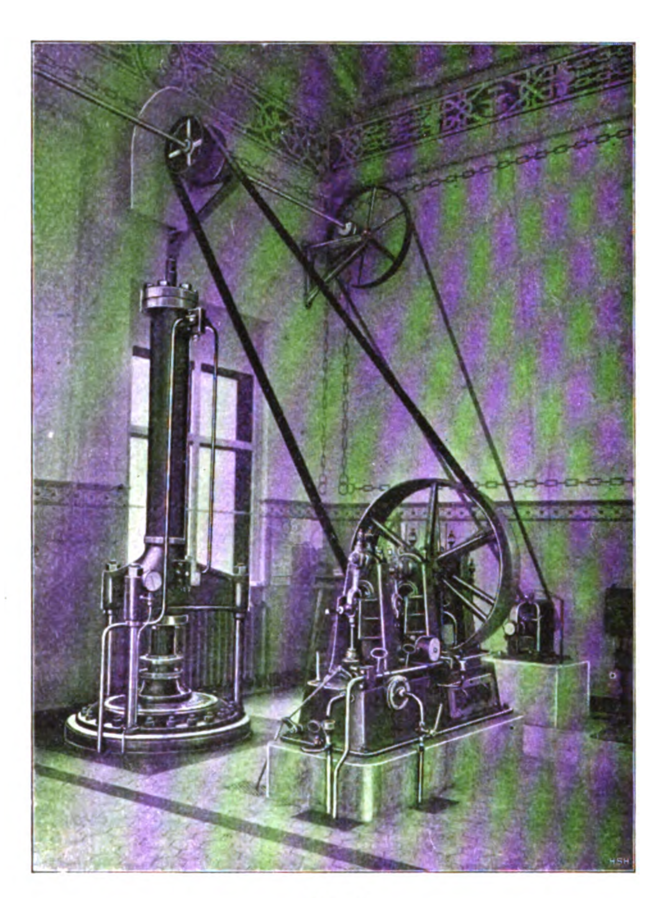


Fig. 6.

Röhrenkeller (Fig. 7) geführt. Diese Röhrenkeller bilden mit den Fluren in den Kellergeschossen der Gebäude zusammen ein geschlossenes Ringsystem mit Abzweigkanälen. Sie nehmen alle Leitungen für Gas, Wasser, Druckwasser, Dampf, Elektrizität, Abwasser und Kondenswasser der Heizungen auf. Die Kellersohle liegt so hoch über Grundwasser, daß sie unmittelbar entwässert werden konnte. Die allgemeine Anordnung der Rohrleitungen in

den elektrisch beleuchteten und überall begehbaren Röhrenkellern zeigt Fig. 8, und einen Knotenpunkt im Keller des Maschinenhauses (wo in den Behälter 19 das Kondenswasser der Heizung*) zusammenströmt), zeigt Fig. 9.

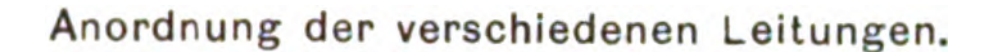
Röhrenkeller.

Fig. 7.

Die Leitungen sind in diesen Röhrenkellern und an den Decken und Wänden der Flure und Einzelräume in allen Gebäuden überall freiliegend

*) Es wird durch eine automatisch mittels Schwimmer in 19 geschaltete elektrische Kreiselpumpe 23 ins Kesselhaus befördert, sodaß das heiße Wasser wieder zum Kesselspeisen benutzt wird.

montiert und so wenig wie möglich in die Fußböden verlegt. Demgemäß sind auch die Zuleitungen und Entwässerungen aus den Laboratoriumsräumen unter der Decke des darunter befindlichen Geschosses verlegt. Alle Leitungen sind, soweit wie möglich als Ringleitungen ausgebildet, um bei Störungen


Anordnung der verschiedenen Leitungen.

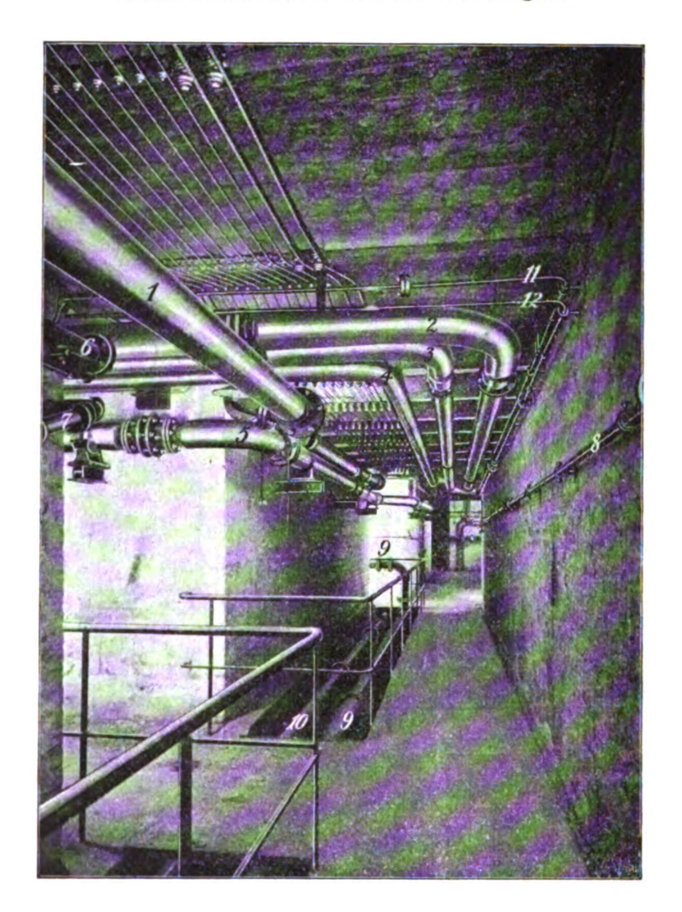


Fig. 8.

geringstmögliche Betriebsunterbrechungen zu haben. Die aufsteigenden Hauptleitungen sind tunlichst nebeneinander gelegt. Sie enthalten die Hauptabschlußventile in Handhöhe. Damit jedermann ohne Plan die einzelnen Leitungen erkennen kann, sind sie in den Röhrenkellern jede Art mit einer Farbe gestrichen; in den Nutzräumen und auf den Fluren der Gebäude sind aber nur die Ventilstücke, Knie- und Abzweigstücke mit dieser Farbe gestrichen. In den Nutzräumen sind die Auslässe (Ventile und

Hähne) der einzelnen Leitungen immer von gleicher Form, sodaß auch dadurch Verwechselungen ausgeschlossen sind.

An das Maschinenhaus ist das Gebäude W angebaut, das die mechanische Werkstatt und die Dauerversuchsanlage aufnimmt. Die Werk-

Rohrleitungen im Keller des Maschinenhauses.

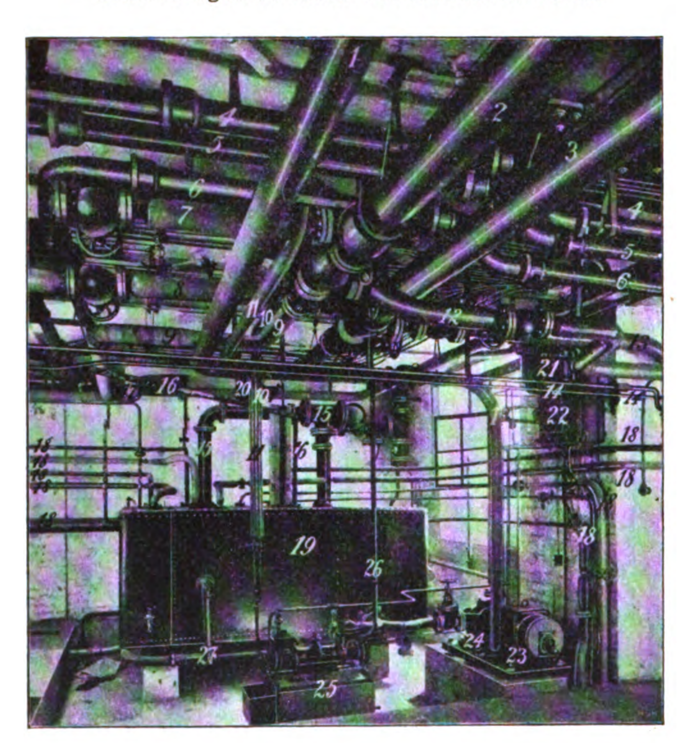


Fig. 9.

statt dient für die Anfertigung der Probestücke, von Maschinen und Instrumenten und zur Reparatur. Die Dauerversuchsanlage wird später beschrieben.

Zu den allgemeinen Betriebseinrichtungen sind neben der Dampfheizungsanlage und elektrischen Beleuchtung noch die Verkehrseinrichtungen, die elektrisch betriebenen und von einer Normaluhr geregelten Uhren auf den Fluren und in den Hauptversuchsräumen, die Fernsprechanlage mit 80 Innen- und Außensprechstellen (Amt Lichterfelde No. 893 und 894), sowie die Feuermeldeeinrichtungen zu rechnen.

Über die Verkehrseinrichtungen ist kurz zu sagen, daß die in Fig. 2 angegebenen Schienengeleise in die Hauptversuchsräume geführt sind, daß

diese Räume elektrische Laufkranen, mit Steuerung von der Gebrauchsstelle aus, haben, und daß der Verkehr in senkrechter Richtung in den drei Treppenhäusern, durch drei elektrische Aufzüge mit Knopfsteuerung geschieht, die ohne Führer von jedermann frei benutzt werden können.

Für den allgemeinen Betrieb steht ferner das photographische Atelier auf dem Hauptgebäude, der Feinmechaniker der Anstalt, die Material- und Hausverwaltung, die Bücherei und Sammlung, sowie Kasse, Registratur und Kanzlei zur Verfügung; die Räume hierfür befinden sich im Erdgeschoß des Hauptgebäudes A (Fig. 2 und 3).

Abteilung 1 für Metallprüfung.

Die Abteilung 1 für Metallprüfung ist im Erdgeschoß des östlichen Flügels untergebracht; ihr ist auch noch der Fallwerkschuppen E (Fig. 2) die Dauerversuchsanlage im Gebäude W und der freie Hofraum zwischen Mv

Rohrverbindungen und Manometeranschlüsse.

Fig. 10.

und W für Versuche im Freien zugeteilt. Sie verfügt über zwei große Versuchshallen, in denen die großen Festigkeitsprobiermaschinen aufgestellt sind, (Fig. 3) und über einige Laboratorien, Verwaltungs- und Nebenräume

im Gebäude M 1 und A (Fig. 2), deren Bestimmung in den Plan (Fig. 3) eingeschrieben sind.

Manometeraufstellung.

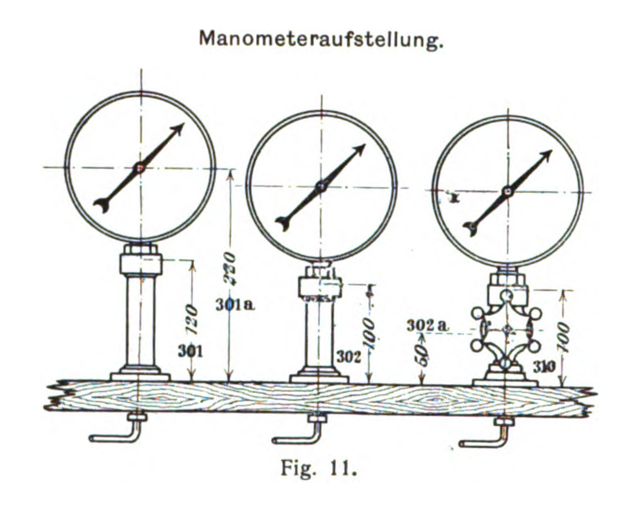
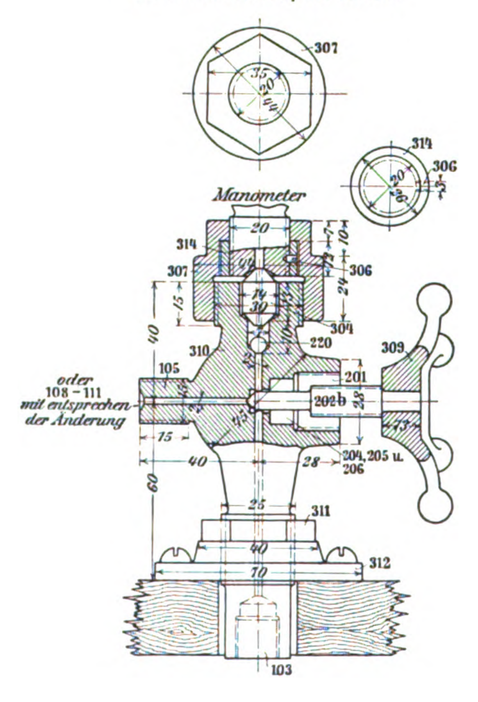


Fig. 11.

Manometerabsperrventil.



Schema für die Steuerungen.

Fig. 12.

Die meisten Probiermaschinen sind hydraulisch angetrieben. Zu dem Zwecke sind sie durch ihre Steuerungen mit dünnen Kupferrohren an die in den Kellern liegenden Hochdruckleitungen für 200 und 400 at Druck und an

die Abflußleitungen angeschlossen. Für diese Abzweigleitungen und die Steuerungen sind Normalien aufgestellt, deren Bauart aus den Figuren 4 bis 12 hervorgeht. Die Dichtung durch Hohl- und Vollkegel hat sich bis zu Drucken

Steuerung der Werder- und Martensmaschinen.

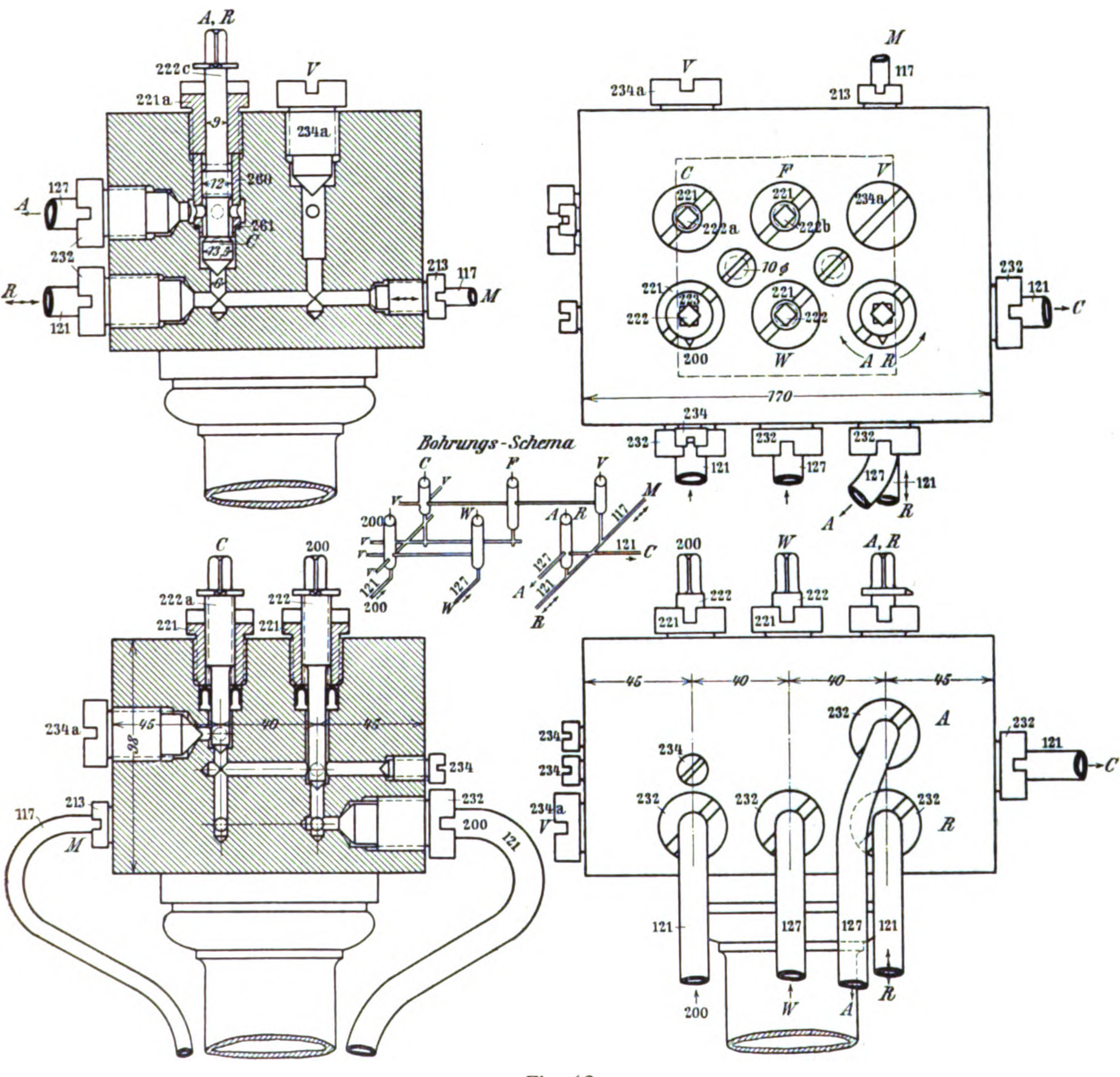


Fig. 13.

von 5000 at ausgezeichnet bewährt; sie ist in der alten Anstalt seit vielen Jahren im Gebrauch. Ebenso ist bei langsamen Bewegungen der hydraulischen Pressen die dünne Kupferleitung ausgezeichnet brauchbar, weil sie ohne Schwierigkeit verlegt werden kann. Die Art der für die meisten Maschinen

verwendeten Steuerungen geht aus Fig. 13 und 14 hervor. Der Körper ist geschmiedetes Deltametall und die übrigen Teile sind aus harter, zäher Bronze.

An Probiermaschinen sind vorhanden in der östlichen Halle die alte 500-Tonnenmaschine von C. Hoppe (Fig. 14), in welcher Zug-, Druck- und

Säulen für Steuerungen.

Fig. 14.

Knickversuche mit Versuchslängen bis zu 17 und 20 m vorgenommen werden können (Fig. 16, 17 und 18). Für den Schiffbau sind auf der 500-Tonnenmaschine Schiffsketten bis zu 70 mm Durchmesser, Konstruktionsteile, Nietverbindungen usw. geprüft worden; ein Drahtseil mit 120 mm Durchmesser wurde auf sein elastisches Verhalten geprüft; Fig. 15 zeigt den Bruch der Seilverbindung für ein Drahtseil von 90 mm Durchmesser.

Die Drehfestigkeitsmaschine für rechts- und linksdrehende Momente bis zu 1 000 000 kgcm zeigt Fig. 19; sie kann Wellen von 200 mm Durchmesser

bis zu 10 m Länge, Kurbelwellen u. a. m. prüfen. Der Antrieb erfolgt durch Schneckenrad von Hand. Das Moment wird auf den an einem Ende mit dem Fundament verankerten Stahlbalken übertragen, dessen anderes Ende auf einer Meßdose ruht, die durch Manometer die Kraft mißt.

Versuchsstätte No. 125. Innenansicht 2: 500000 kg Maschine von C. Hoppe; 13: Kontrollstabprüfer von C. Hoppe; 15: Quecksilbermanometer von Martens; 26: elektrischer Laufkran.

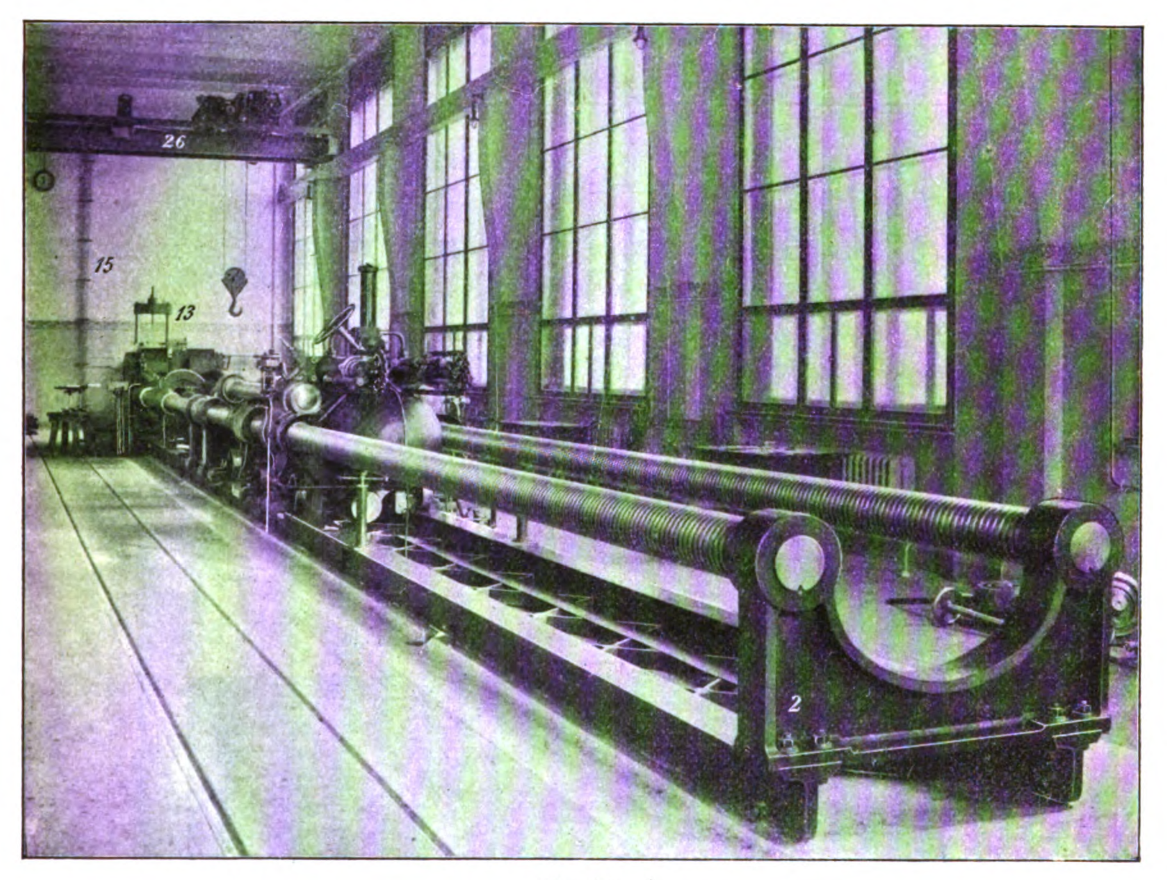


Fig. 15.

Die Meßdose wird im Amte bei den später zu beschreibenden Maschinen häufig verwendet, weil sie einfache Maschinen mit geringen Abmessungen liefert und zur Kraftmessung außerordentlich geschickt ist. Fig. 20 gibt ein Bild von der Konstruktion für die Drehfestigkeitsmaschine und Fig. 21 eine Dose für Zug- und Druckmessung aus der Dauerversuchsmaschine. Der Grundgedanke der Konstruktion der Meßdose ist die Übertragung der zu messenden Kraft mittels eines sehr leicht beweglichen Deckels

Zugversuch mit einer Seilbefestigung.

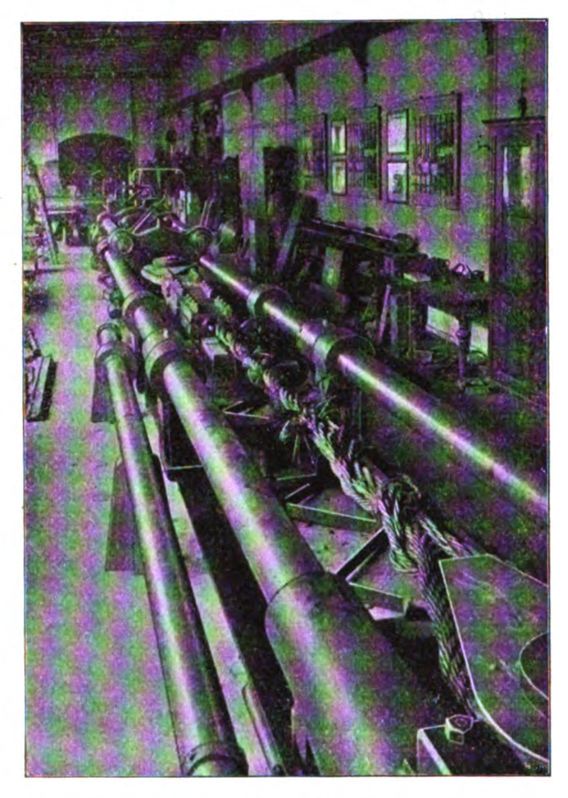


Fig. 16.

Knickversuch mit einer Hennelipue-Säule.

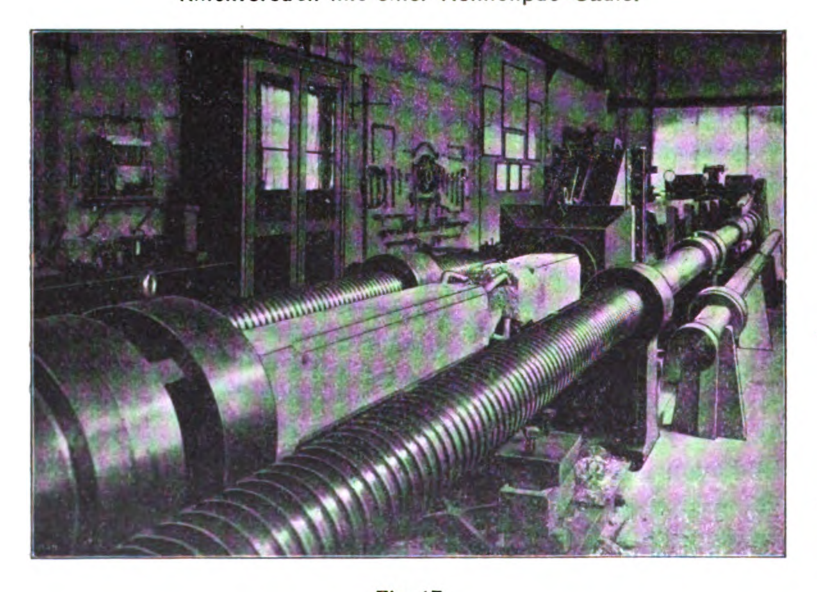


Fig. 17.

Zugversuch mit einer Gallschen Kette.

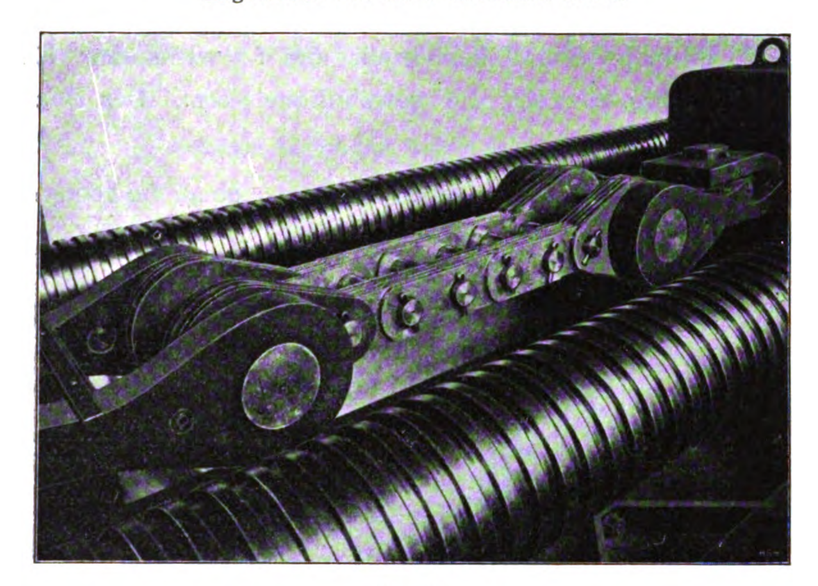


Fig. 18.

Drehfestigkeitsmaschine für 1000000 kgcm. Kraftmesser von Martens.

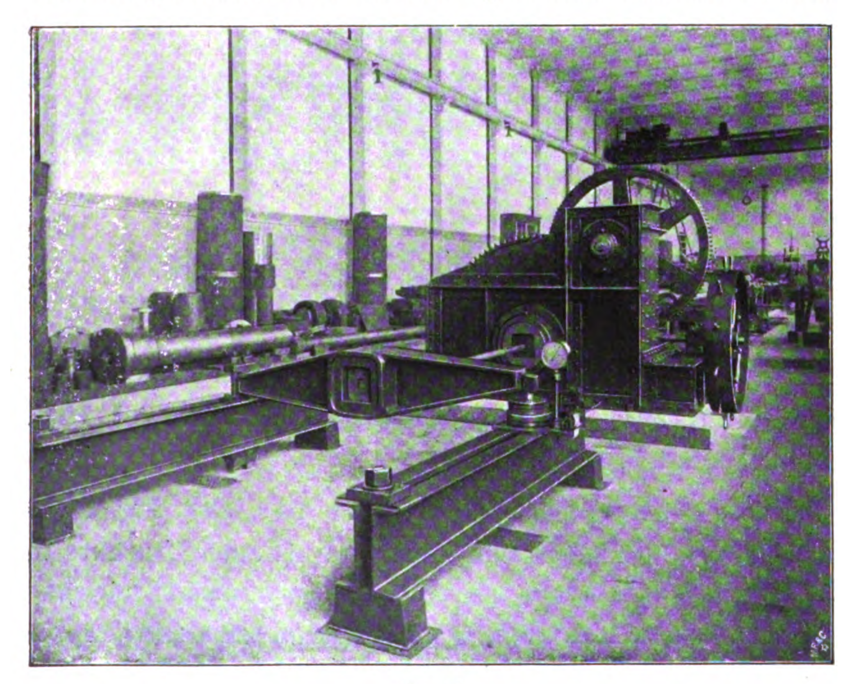


Fig. 19.

auf die in dem starken Gefäß eingeschlossene Wasserschicht, die den in ihr erzeugten Flüssigkeitsdruck auf das Manometer fortpflanzt; es ist dann die Kraft P = p . f, wenn p = Flüssigkeitsdruck und f = wirksamer Fläche des Dosendeckels ist. Fig. 20 zeigt die gewöhnliche Form. Der Deckel b ist

Meßdose von Martens. P max = 10000 kg; p max = 50 at; f = 200 qcm.

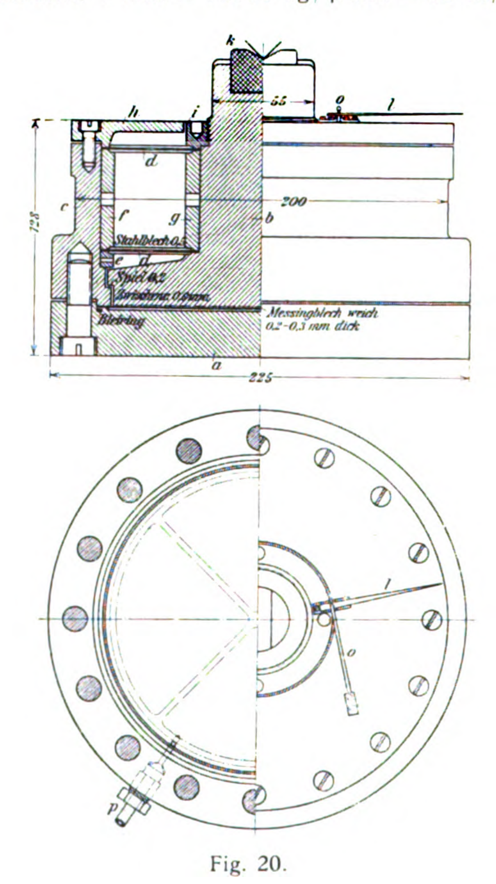


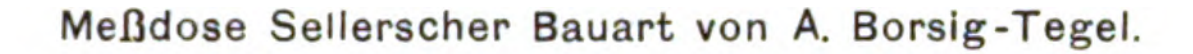
Fig. 20.

durch dünne Stahlbleche zentriert und gerade geführt, er drückt auf eine papierdünne Messingplatte, die in dem Gefäß a die Wasserschicht einschließt.*) (D. S. S. 284—291; Mkd. S. 377 ff.)

Die Meßdose Sellerscher Bauart (Mkd. Abs. 624) Fig. 21, ist ringförmig ausgebildet. Sie mißt sowohl Zugkräfte als auch Druckkräfte, indem

*) Wer sich für die hier beschriebenen Konstruktionen näher interessiert, findet ausführlichere Angaben in der „Denkschrift" (D. S.), in Martens Handbuch der Materialien- (Mkd.) und in den Mitteilungen aus den technischen Versuchsanstalten (Mtg.) an den im Text angegebenen Stellen.

sie zwischen zwei Paar Sternkörpern eingeschlossen ist, von denen jedes Paar einen mit dem Maschinengestell fest verbundenen Stern hat, während der andere an dem beweglichen und durch Federplatten zentrierten und



Meßdose Sellerscher Bauart von A. Borsig-Tegel.

Fig. 21.

geradgeführten Mittelkörper sitzt, der am oberen Ende die Einspannvorrichtungen für die Probekörper aufnimmt. Deckel und Dosenkörper werden durch den Anfangsdruck, den man der unbelasteten Dose gibt, gegen die Greifflächen der Sterne gedrückt. Kommt nun vom Probekörper aus beispielsweise

Zugwirkung hinzu, so wird der bewegliche Mittelkörper gehoben. Die Greifflächen des unteren Sternes wirken auf den Dosenkörper und pressen ihn mit seinem Deckel gegen die Greifflächen des oberen, fest mit dem Maschinengestell verbundenen Sternes; der wachsende Druck p wird auf das Manometer übertragen. Druckkräfte werden in umgekehrter Folge übertragen; die Kraft wird vom oberen Stern des Mittelkörpers durch die Dose auf den unteren Stern des Maschinengestells abgegeben und wieder durch das Manometer gemessen (D. S. S. 332).

Auch der Schiffbau könnte sich die Meßdose zunutze machen z. B. zur Bestimmung der Torsionselastizität von Schraubenwellen, durch die während der Fahrt durch selbstaufzeichnende Instrumente die Maschinenleistungen gemessen werden soll; solcher Vorschlag wurde dem Stettiner Vulcan gemacht.

Vorschlag für Torsionsmessung von Schiffswellen.

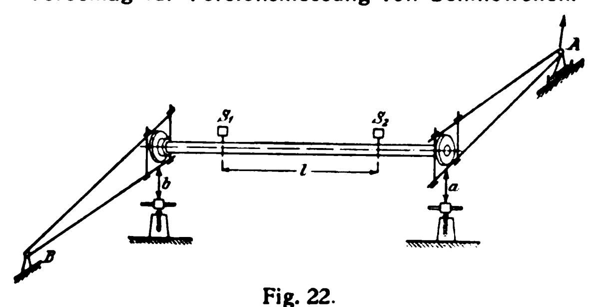
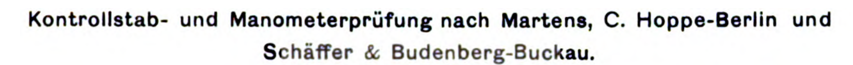


Fig. 22.

Man kann z. B. (Fig. 22) die beiden Kuppelscheiben der Welle mit kräftigen Hebeln versehen, von denen einer auf B fest aufruht, während der andere sich auf die Meßdose A (oder eine genügend starke Wage) legt. Wenn die leicht beweglichen Stützen a und b durch Schraubenwinden oder Sandsacklager allmählich gesenkt werden, so gibt der wachsende Auflagerdruck in A das Drehmoment her. Aus der Ablesung der steigenden Kraft bei A und der gleichzeitigen Größe der Differenz der beiden Spiegelablesungen (mittels Fernrohr und Skala), kann der Elastizitätsmodul innerhalb der durch das Eigengewicht der Einrichtung gegebenen Grenzen leicht bestimmt werden.

Der Wasserdruck auf Teile der Schiffswandungen u. a. m. ließe sich durch zwischengebaute und entsprechend eingerichtete Meßdosen sehr wohl messen, wie beispielsweise Martens in D. S. S. 287 für die Messung des Winddruckes an ganzen Schornsteinen, Gebäuden, Leuchttürmen usw. vorgeschlagen hat.

Die Verwendung der Meßdose zu den Festigkeitsprobier-Maschinen bedingt die Anwendung von Manometern zur Kraftbestimmung; das Manometer ist aber auch sonst im neuen Materialprüfungsamte stark in Anwendung gekommen. Daher war es nötig, für leichte und ausgiebige Kontrolle der Manometer zu sorgen. Dies geschah zugleich mit der Ausbildung der Maschinenkontrolle, wie sie seit Jahren geübt worden ist.


Kontrollstab- und Manometerprüfung nach Martens, C. Hoppe-Berlin und Schäffer & Budenberg-Buckau.

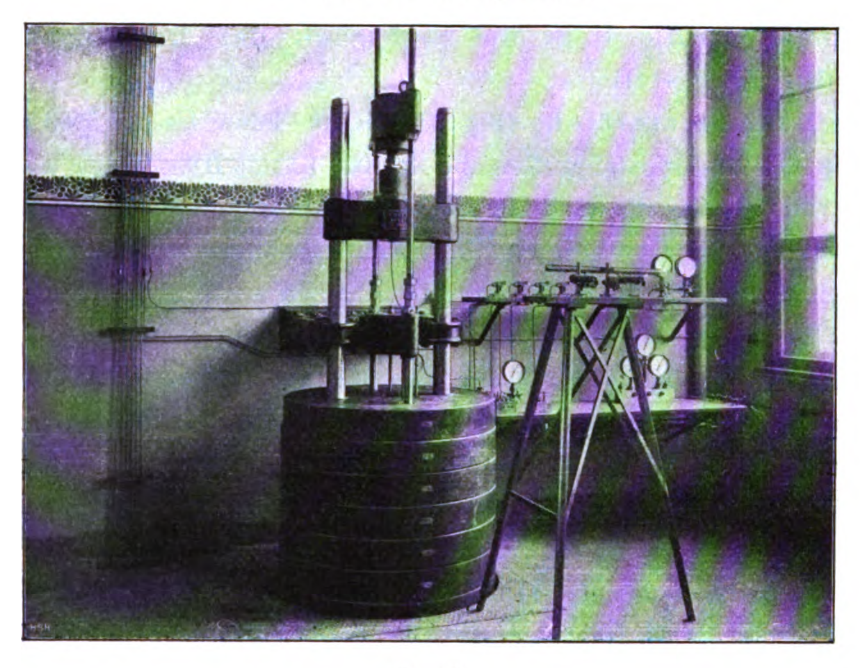


Fig. 23.

Für die Maschinenkontrolle ist neben der 500 t-Maschine ein Kontrollstabprüfer, Fig. 15, No. 13 und Fig. 23, (D. S. S. 290—292 und 311; Fig. 221 und 248) aufgestellt. Der Apparat besteht aus 10 geeichten Gewichtsscheiben, die mittels hydraulischer Presse gehoben und gesenkt werden, und so eine nach der andern auf die zu prüfende Meßdose aufgesetzt oder an den Kontrollstab angehängt werden können. Dabei wird entweder an dem zu vergleichenden Manometer der jeder Tonne entsprechende Druck abgelesen, oder an dem zu prüfenden Kontrollstabe mit Spiegelapparaten die je einer Tonne entsprechende Verlängerung in Ablesungen bis auf 0,0001 mm bestimmt. Für die Kontrollstabprüfungen kann Gewähr bis auf ±0,5 % übernommen werden.

Eine große Reihe von sorgfältig geprüften Kontrollstäben steht dem Amte zur Prüfung der eigenen und fremden Maschinen zur Verfügung. Es darf auch hier mit Nachdruck hervorgehoben werden, daß es notwendig und leicht ist, Probiermaschinen genau zu prüfen, und daß sorgfältig geprüfte und gut gehaltene Maschinen eine Sicherheit bis zu ± 1 % mit Leichtigkeit gewähren.

Das Amt hat jetzt bereits über 60 Maschinen geprüft*) und hierbei mehrfach große Fehler (bis über 20 %) gefunden; es hat bereits über 35 Kontrollstäbe an andere Stellen abgegeben oder für diese geprüft. In der ständigen Maschinenkontrolle liegt die Sicherheit der Leistungen einer Materialprüfungsstelle.

Die Manometerprüfung (Fig. 23, rechts) kann bis zu 5000 at Druck mit Hilfe des Kontrollstabprüfers, bis zu 600 at mit Hilfe eines Wagemanometers von Stückrath und bis zu 400 at auch kurzer Hand mittels der Hochdruckleitungen im Vergleich mit Kontrollmanometern ausführen. Die Einzelheiten kann der Interessent der D. S. S. 291 — 302 (Fig. 221 — 234) entnehmen; hier möge es genügen, die Hauptpunkte ganz kurz zu berühren.

Die Druckerzeugung durch den Kontrollstabprüfer geschieht durch das Aufsetzen der Gewichtsscheiben auf Meßdosen oder auf sauber eingeschliffene Stahlstempel, die in 10 Stufen, entsprechend ihren Durchmessern, hohe Drucke bis zu 5000 at erzeugen. Auf diese Weise werden vier Spiegelmanometer für 200, 500, 1000 und 5000 at verglichen, die dann zur Druckprüfung und zur Manometerkontrolle benutzt werden. Die Spiegelmanometer sind in (Fig. 24) gezeigt. Das Spiel der Bourdonfeder ist mit einem zwischen dem Federträger a und der vom beweglichen Federende kommenden Übertragungsbrücke e eingefügten zweischneidigen Stahlprisma k als Kippbewegung auf den Spiegel i übertragen. Diese Kippbewegung wird mit Fernrohr und Skala abgelesen. Durchläuft der Sehstrahl an der Skala 500 Teile (Millimeter), so kann man sehr scharf $^1/_{5000}$ der Höchstanzeige schätzen, wobei der Ablesungsfehler kaum größer als ± 1,5 Schätzungseinheiten wird.**)

Über die Genauigkeit dieser Druckmessung mittels des Kontrollstabprüfers wird in den „Mitteilungen“ später berichtet worden; ebenso über ein neues Quecksilber-Satzmanometer, das nach Prüfung des Systems mög-

*) Außerdem sind mehr als 30 Papierprüfer untersucht. In D. S. Tab. 5 ist der größte Teil aufgeführt worden.

**) Im neuen Betriebe ist ferner noch eine ganze Anzahl verschiedener neuer Manometer im Gebrauch, deren Beschreibung man in der D. S. nachlesen wolle.



lichst bis auf Drucke von 1000 at ausgebaut werden soll. Einstweilen sind 5 Sätze für 50 at Druck aufgestellt, siehe Fig. 23 links. Jeder Satz besteht aus einem engen Stahlrohr (1 mm Lichtstärke), das unten mit einem weiten Stahlrohr (4 mm l. W.) und oben mit dem vorhergehenden Satz verbunden

Manometer mit Spiegelablesung von Martens. Schäffer & Budenberg-Bukau.

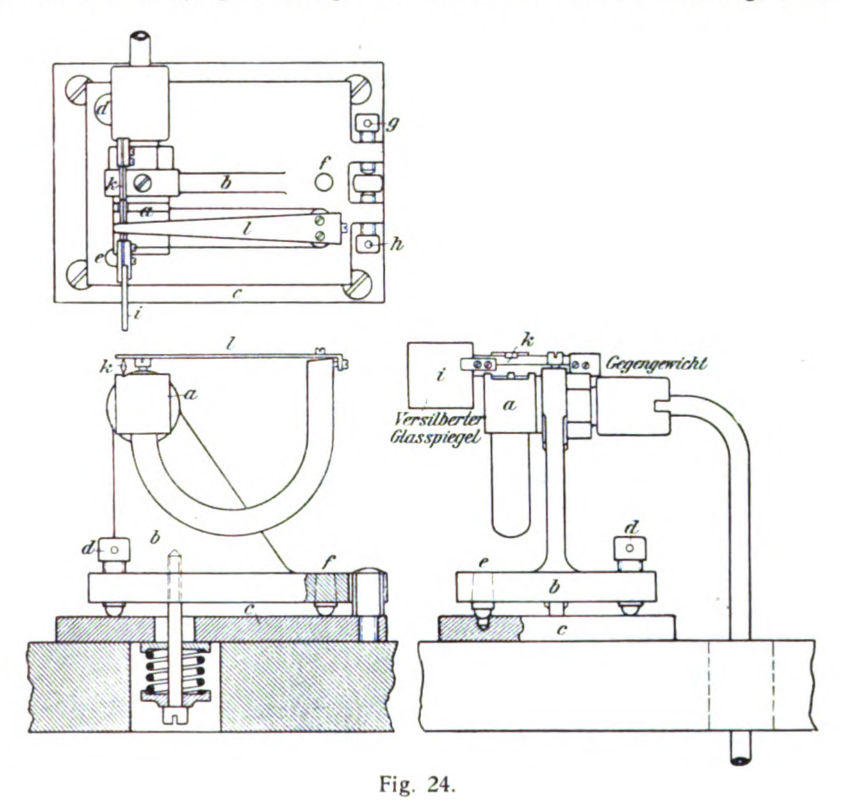


Fig. 24.

ist. Durch Wasser wird das Quecksilber im ersten Satz verdrängt bis das weite Rohr gefüllt ist, der Quecksilberüberschuß fließt dabei in den zweiten Satz u. s. f. Sobald das Wasser aus dem engen Rohre unten austritt, durchdringt es aufsteigend das Quecksilber im weiten Rohre und fließt oben in den nächsten Satz u. s. f. In jedem Satz wird von dem ganz langsam fließenden Wasser eine 10 at-Quecksilbersäule in der Schwebe gehalten; fünf Sätze geben also einen Druck von 50 at; ein Satz nach dem andern kann zur Wirkung gebracht werden.

Neben der Manometerprüfstelle, so daß die hier aufgestellten Instrumente zur Messung mit benutzt werden, ist eine Einrichtung zur Prüfung von Torpedoluftkesseln und eine Einrichtung zur Prüfung von Gasflaschen auf inneren

Druck aufgestellt. Die letzteren werden in einem geschlossenen Gefäß in Wasser geprüft, so daß die durch den inneren Druck veranlaßten Inhaltsänderungen aus dem Gefäß Wasser verdrängen, dessen Menge ein genaues Maß für die

Prüfung dicker Ringe auf inneren Druck. Martens.

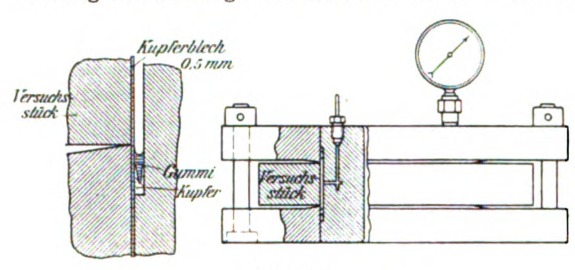


Fig. 25.

elastischen und bleibenden Inhaltsänderungen der Flasche liefern. Die Flaschen können durch eine selbsttätig wirkende Umsteuerung auch sehr oft wieder-

Prüfungsraum Mv 134, Innenansicht. 3 Werdermaschine, 4 u. 5 Pohlmeyermaschinen, 6 Martensmaschinen, 16 Rohrprüfmaschine, 27 elektr. Laufkatze.

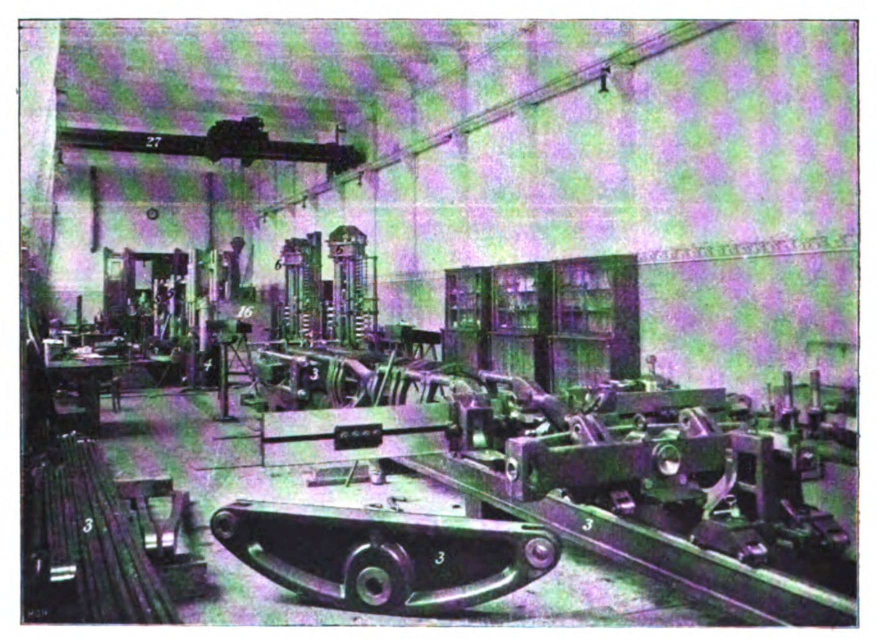


Fig. 26.

holten Beanspruchungen (Dauerversuche), auf inneren Druck bis zu 400 at ausgesetzt werden. Für die Prüfung von starkwandigen Gefäßteilen (Ringen von

Pressen, Geschützen u. a. m.) werden Einrichtungen nach (Fig. 25) beschafft werden.

In der westlichen Prüfungshalle der Abteilung I für Metallprüfung ist die 100 t-Werdermaschine Fig. 26 (No. 3) nebst einer 100 t- und zwei



50000 kg-Probiermaschinen von Martens. Maschinenbaugesellschaft Nürnberg.

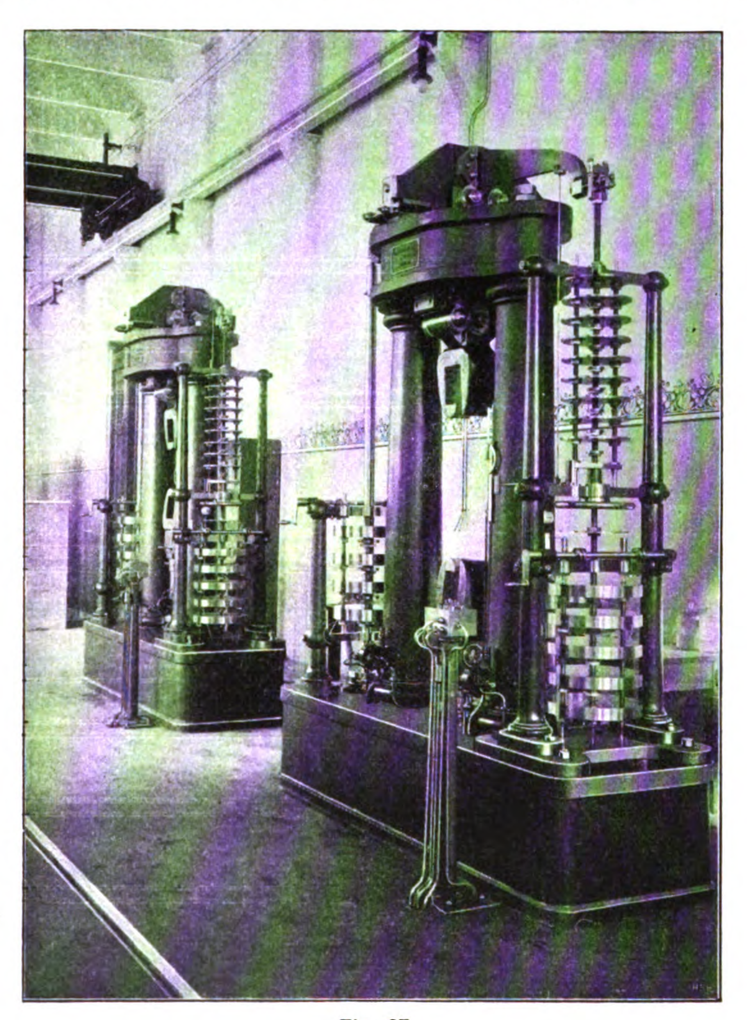


Fig. 27.

50 t-Pohlmeyer-Maschinen (No. 4) aufgestellt; ferner sind untergebracht zwei 50 t-Martens-Maschinen (No. 6), eine 600 t-Maschine von A. Borsig und eine Reihe von kleinen Maschinen, darunter eine Presse für Biegeproben von Martens. Von diesen Maschinen zeigen die Figuren 27, 28, 29 die Ansichten, während die 600 t-Presse durch Fig. 30 dargestellt ist. Einzel-

100000 u. 50000 kg-Probiermaschinen von Pohlmeyer. Heinr. Ehrhardt-Düsseldorf.

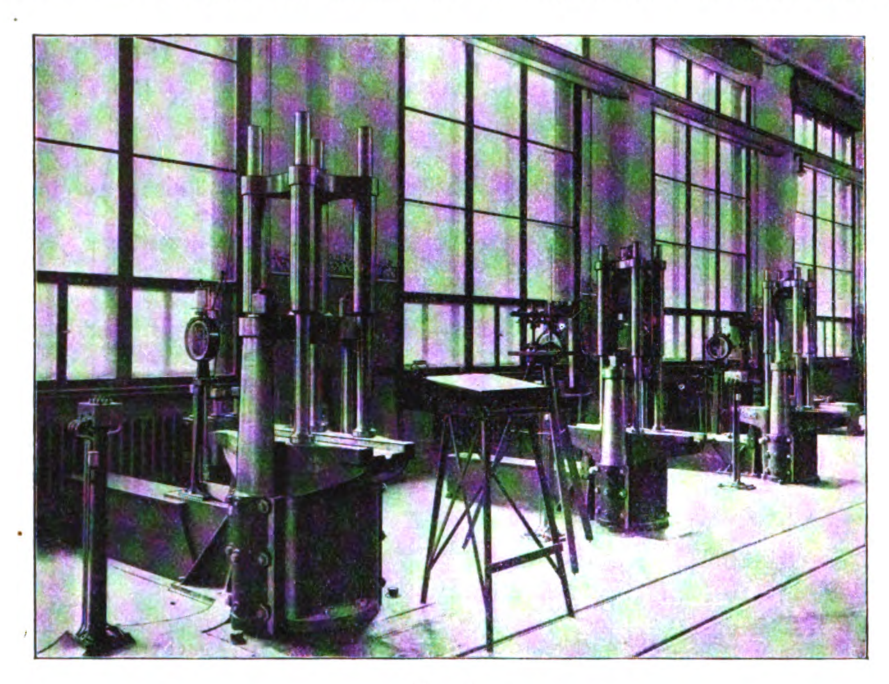


Fig. 28.

Werdermaschine für 100000 kg Kraftleistung. Maschinenbaugesellschaft Nürnberg.

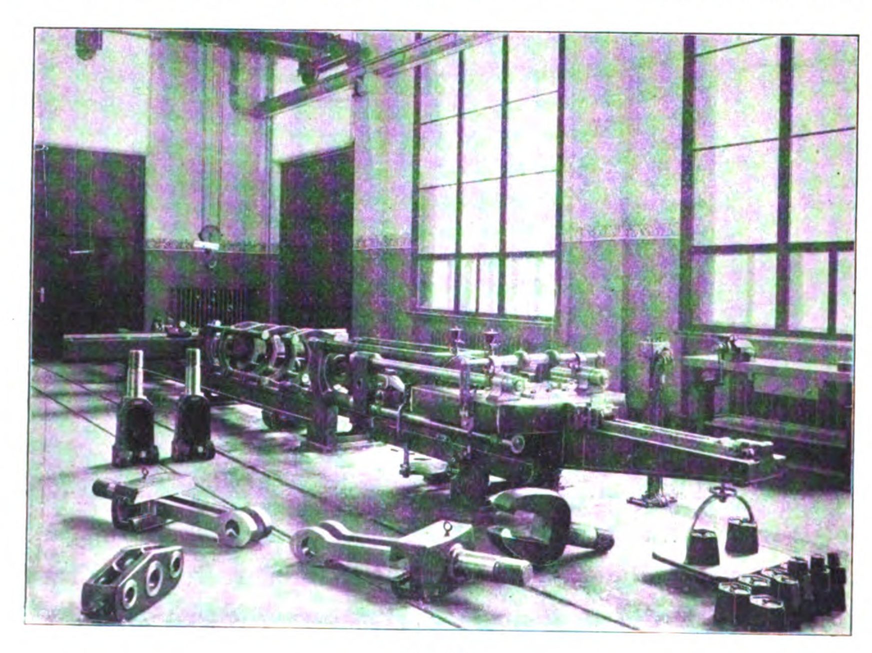


Fig. 29.

heiten wolle man aus der Mkd. und D. S. entnehmen; hier ist allgemein Folgendes von Interesse.

Die Werdermaschine gestattet jetzt die Prüfung von Säulen, Ketten usw. bis zu 16 m Länge vorzunehmen. Sie ist für Zug-, Druck-, Knick-, Biege-, Dreh-, Scher-, Lochversuche mit Kräften bis zu 100 Tonnen eingerichtet und ist mit einer tiefen Grube versehen, so daß nunmehr auch große Gußstücke, Maschinengestelle, Eisenkonstruktionen, große Platten usw. auf Festigkeit mit Belastungen bis zu 100 Tonnen geprüft werden können. Die Maschine hat neue Einspannvorrichtungen für Seile, Ketten, Gallsche Ketten, Riemen u. a. m. erhalten.

Die Pohlmeyer-Maschinen arbeiten mit zweifachem Hebelsystem, das an das Pendel angreift, dessen Ausschlag ein Maß für die Kraft liefert. Die Kraftmessung geschieht also selbsttätig und stetig. Die Maschine ist mit Einrichtung zur Selbstaufzeichnung des Schaubildes versehen; sie ist vorzüglich für die Ausführung von Zug-, Druck-, Biege-, Scher- und Lochversuchen geeignet und arbeitet schnell und zuverlässig.

Die Martens-Maschinen sind besonders für Zugversuche mit Feinmessungen eingerichtet und haben, da sie sehr empfindliche Kraftanzeige geben, auch manche Sondereinrichtung für feine Versuche anderer Art erhalten. Die Gewichtsstücke sind scheibenförmig in Sätzen übereinander angeordnet. Jede der oberen kleinen Scheiben (Fig. 27) entspricht der Belastung von 1000 kg, jede der großen unteren von 10 000 kg. Durch Heben und Senken mittels Handrad und Schraube kann eine Scheibe nach der anderen auf die Hängestange der Wage aufgesetzt oder abgehoben werden. Zwischengewichte von $^1/_4$, $^1/_2$, $^3/_4$ Tonnen oder kleiner, werden als Stücke auf den Teller der Hängestange gesetzt. Die Maschinen sind auch mit Einrichtungen zur Prüfung der Festigkeit von Metallen im erhitzten Zustande versehen. Die alten Einrichtungen bestehen aus Öfen verschiedener Art mit Gasheizung, bei denen der Probestab in einem Metallbade oder in einer Mischung aus Kali- und Natronsalpeter sich befindet. Die neuen Maschinen erhalten elektrische Öfen für diese Versuchsarten. Versuche in der Kälte wurden in Kältebädern und Kohlensäureschnee ausgeführt.

Die Mechanisch-Technische Versuchsanstalt zu Charlottenburg, die Mutter des Materialprüfungsamtes, ist, meines Wissens nicht nur in Deutschland, die erste gewesen, die Versuche mit Feinmessungen (Bestimmung der Proportionalitätsgrenze, Streckgrenze und Dehnungszahl) über die Festigkeit an zahlreichen Metallen im erhitzten Zustande und in der Kälte ausge-



führt hat. Sie hat zuerst unter den deutschen öffentlichen Anstalten darauf aufmerksam gemacht, daß den Festigkeitseigenschaften im erhitzten Zustande und in der Kälte, beim Eisen und anderen Metallen*) mehr Beachtung geschenkt werden sollte als es in der Regel geschieht. Aus den „Mitteilungen", aus der „Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure", aus „Stahl und Eisen" sind die Arbeiten der Anstalt in die Literatur der ganzen Welt übergegangen. Trotz dieser und der viel älteren Untersuchungen von Franklin, Fairbairn, Kollmann**) usw. hat der Gegenstand erst in letzter Zeit mehr Beachtung gefunden.

Auch die Industrie und der Konstrukteur wird die Ergebnisse der Versuche mit erhitzten Metallen abwägen müssen, und man darf hoffen, daß die Arbeiten auf diesem Gebiete fruchttragend die Güte des deutschen Materials wiederum um einen guten Schritt vorwärts bringen werden.

Die 600 t-Presse (Fig. 30) gestattet die Ausführung von Druck- und Knickversuchen mit Körpern bis zu 4 m Länge, sowie die Prüfung von 4 m langen Rohren auf inneren Druck (bis zu 1,4 m Durchmesser) und auf äußeren Druck (bis zu 1,2 m Durchmesser). Man kann also Wasserleitungsrohre von jeder jetzt üblichen Größe, Kesselflammrohre usw. prüfen. Der hydraulische Zylinder kann mittels Kranes gehoben und an den beiden Säulen in verschiedenen Höhen gekuppelt werden. Der Zylinder der Presse und die zu prüfenden Rohre können durch die Steuerung mit der 200 und 400 at Leitung sowie mit Manometer und Schreibmanometer verbunden werden. Die Steuerung ist wie bei fast allen anderen Maschinen nach dem Muster Fig. 12 eingerichtet.

Die Abteilung 1 für Metallprüfung verfügt über eine große Reihe von feinen Meßinstrumenten, die alle aufzuführen und zu besprechen unmöglich ist. Es seien nur die wichtigsten und für den Leser besonders interessanten aufgeführt.***)

Die Spiegelapparate zur Messung der Längenänderungen bei Festigkeitsversuchen gestatten die Messungen mit großer Sicherheit bis auf Größenordnungen von $^1/_{10000}$ bis $^1/_{50000}$ mm zu treiben; für gewöhnlich wird mit $^1/_{10000}$ gearbeitet. Es sind Instrumente vorhanden, die mit Meßlängen von fast Null

*) Übrigens auch an feuerfesten und anderen Materialien.

**) Die ältere Literatur findet sich in „Mkd." S. 199—206. Die veröffentlichten Arbeiten der Versuchsanstalt sind in D. S. Tabelle 6 aufgezählt; die neuen Arbeiten von Bach und Striebeck sind in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure veröffentlicht.

***) Ausführliche Aufzählung und Beschreibung findet sich in D. S. Tabelle 5, aus der auch die weite Verbreitung der in der Anstalt entstandenen Instrumente durch die ganze Welt hervorgeht. Vergl. auch Mkd. 286—515.



bis zu mehreren Metern arbeiten; für gewöhnlich wird 100, 150 und 200 mm benutzt. Die Meßlänge Null, bei $^1/_{20000}$ mm Schätzungseinheit, wurde beispielsweise benutzt, um die Schichtendicke zu bestimmen, die Schmieröl unter verschiedenen Drucken und bei verschiedenen Wärmegraden zwischen ebenen

Rohrprüfungsmaschine von Borsig. A. Borsig-Tegel.

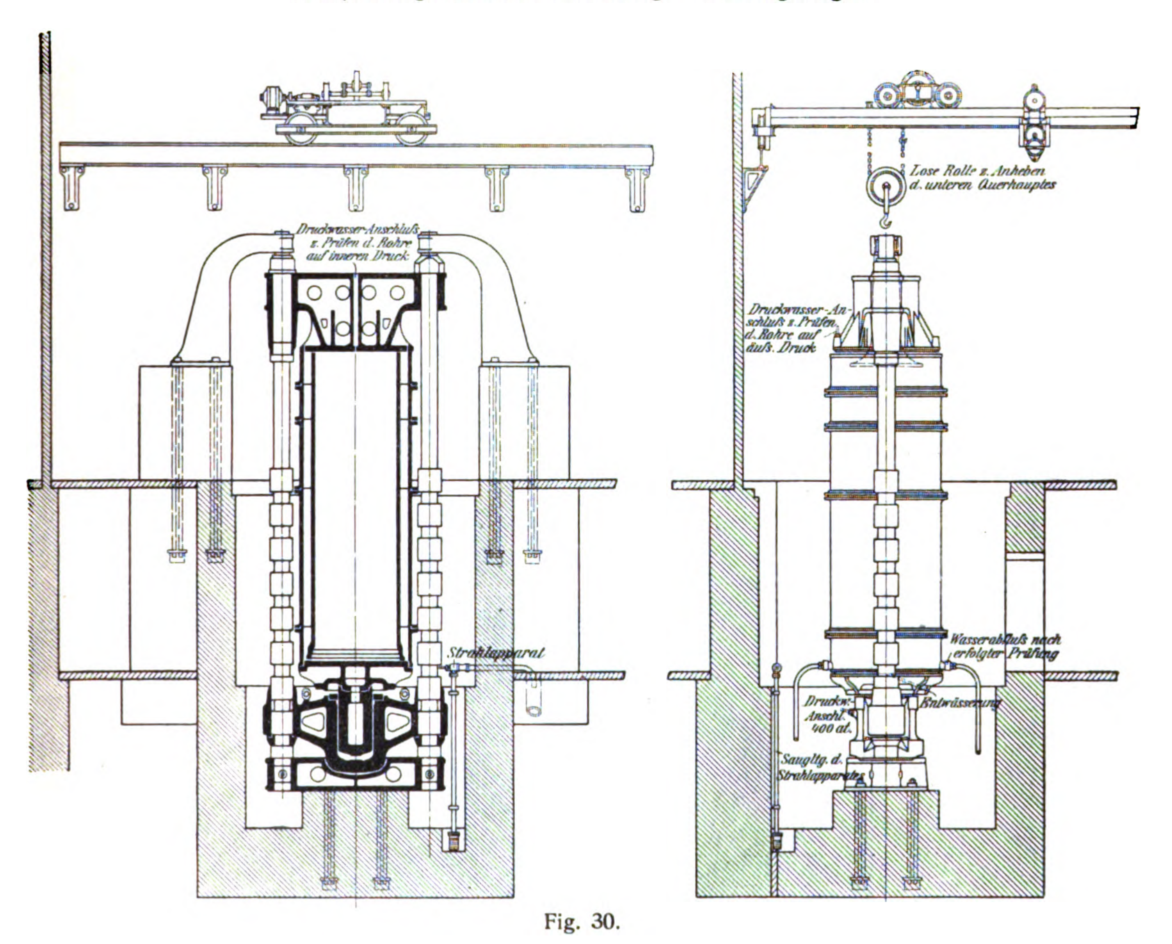


Fig. 30.

Flächen einnimmt. Große Meßlängen werden angewendet, wenn es sich um Bestimmung von Längenänderungen unter sehr kleinen Kräften handelt. An dem 160 mm starken Kontrollstab der 500 t-Maschine kann man beispielsweise noch die Verlängerung erkennen, die durch einen Kraftzuwachs von 20 kg d. h. 0,1 kg/qmm entsteht.

Der Grundsatz, nach dem die Spiegelapparate gebaut sind, geht aus den Figuren 31 und 32 hervor.

Der Spiegelkörper Fig. 32 ist ein prismatischer Stahlkörper mit zwei geraden, parallelen messerscharfen Schneiden, auf dem der Spiegel d einstellbar befestigt ist. Der Körper a wird zwischen Meßfeder b und dem Probekörper eingesetzt und durch die Klemmfeder c angepreßt. Die Meßfeder begrenzt mit ihrer Schneide das eine Ende der Meßlänge am Probekörper, während

Spiegelapparat von Martens (alte Form).
Anstaltsmechaniker.

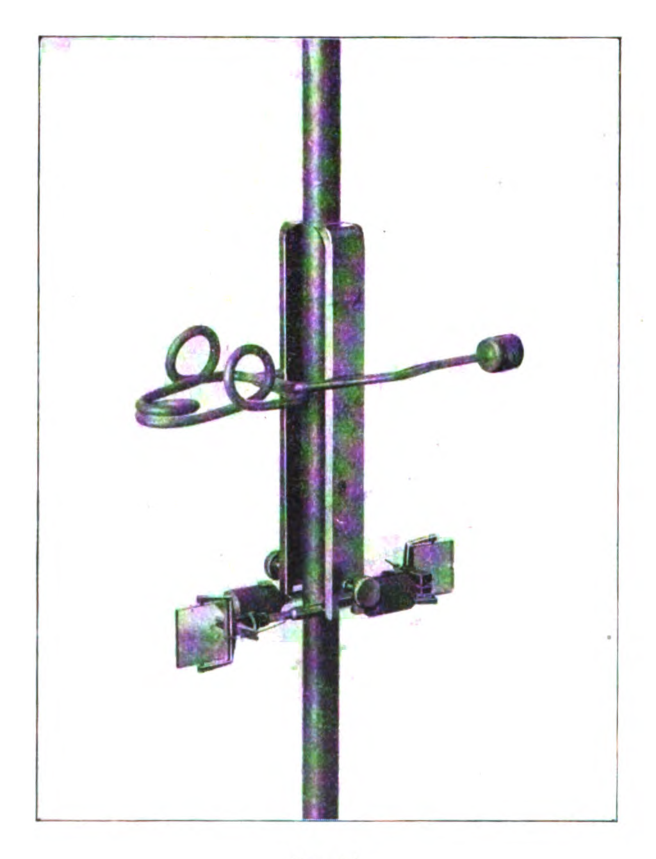


Fig. 31.

das andere Ende durch die Berührungspunkte der Spiegelschneide mit dem Probekörper gegeben ist. Wenn der Stab belastet wird, dehnt sich die Meßlänge, der Spiegel muß also eine Kippbewegung machen und diese wird mittels Fernrohr an einem geraden Millimeterstabe abgelesen. Man hat es also mit einem idealen Hebel zu tun, dessen kurzer Hebelarm der gegenseitige Abstand der beiden Schneiden des Spiegelträgers ist, und dessen langer Arm gleich der doppelten Länge des Lichtstrahls zwischen Spiegel und Maß-

stab ist. Durch Vergrößerung dieses Abstandes und Anwendung ausreichender Fernrohrvergrößerung läßt sich das Hebelverhältnis in weitem Maße ändern, und man kann die Schätzungseinheit daher leicht von 0,0001 mm auf 0,0002 usw. bringen.

Stützung für den Spiegelapparat.

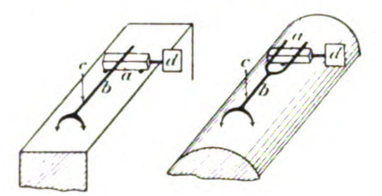
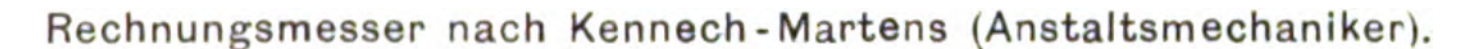


Fig. 32.

Spiegelapparate dieser Art sind im Materialprüfungswesen jetzt über die ganze Erde verbreitet (vergl. D. S. Tab. 5).

Einen einfachen Zeiger-Apparat nach gleichem Grundsatze, der an Meßlängen von 100 mm mit der Übersetzung von 1 : 100 arbeitet, zeigt Figur 33.



Rechnungsmesser nach Kennech-Martens (Anstaltsmechaniker).

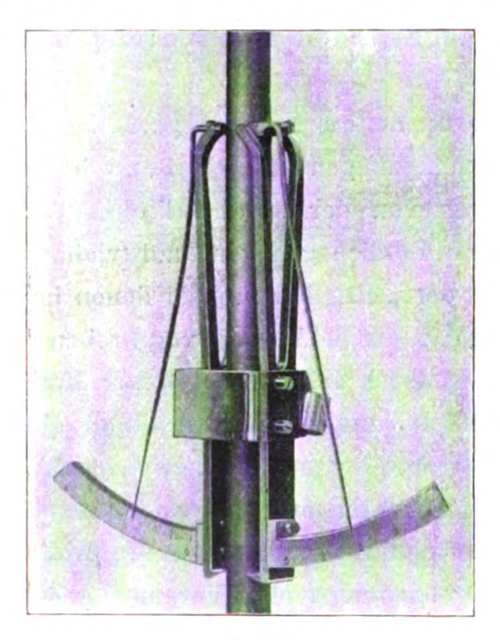


Fig. 33.

Dieser Apparat ist bereits für die Versuchsanstalt, mehrere Königliche Gewehrfabriken und für Privatwerke hergestellt und in deren Auftrage vom Amte geprüft worden, weil es darauf ankam, die Unsicherheiten in der Bestimmung

der Streckgrenze zu beseitigen und an allen diesen Stellen gleichdeutige und übereinstimmende Ergebnisse zu erhalten. Als Streckgrenze wurde auf Vorschlag der Anstalt bereits vor mehreren Jahren diejenige Spannung festgesetzt, die bei dem Material für Torpedo-Luftkessel und Gewehrläufe bleibende Formänderung von bestimmter Größe erzeugt.

Die Versuchsanstalt hat seit vielen Jahren die Bedeutung der Streckgrenze für die Materialbeurteilung immer wieder hervorgehoben. Bei den Mitte der achtziger Jahre begonnenen, sehr umfangreichen Untersuchungen über Eisenbahnmaterial wurde bereits das ziemlich gleichbleibende Verhältnis zwischen Streckgrenze, σ_S, und Bruchgrenze, σ_B, bei geglühtem oder einfach gewalztem Eisen erkannt; das Verhältnis σ_S/σ_B wurde, neben zahlreichen anderen Vergleichszahlen aus den Tabellen des Ergänzungsheftes II 1890, auf Tafel IV und V des Bandes eingetragen. Bei weiterem Studium wurde erkannt, daß dieses Verhältnis für geglühtes Eisen durch die chemische Zusammensetzung*) nur in geringem Maße beeinflußt ist und daß es vorwiegend nur durch voraufgegangene Formänderung im kalten Zustande erheblich geändert und gehoben wird, und zwar von etwa 0,55—0,65 bis fast auf 1, sodaß man das Verhältnis σ_S/σ_B sehr wohl als Anhalt für die Beurteilung des Grades der voraufgegangenen Bearbeitung im kalten Zustande betrachten kann.

Gleiches gilt auch für andere Metalle**) z. B. Kupfer.

Auch über die Erscheinungen des Fließens bei Metallen sind schon in den achtziger Jahren von der Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt sehr eingehende Studien gemacht und vielfach veröffentlicht, z. B. Ergänzungsheft II 1890 der „Mitteilungen“, zu denen besonders auch der alte Pohlmeyer Anregung gab, der bei Vorlage von Proben mit besonders charakteristischen Fließfiguren durch Schaubilder seiner Maschine zeigte, daß das Fließen plötzlich eintritt und unter Spannungsabfall sich fortsetzt, wobei die Dehnung in einzelnen Stabteilen und sprungweise erfolgt, sodaß breite Fließgebiete mit ungeflossenen Teilen abwechseln. Heute wird die Metallographie wahrscheinlich bald Aufschluß über diese für die Erkennung des Wesens der Metalle außerordentlich bedeutungsvollen Vorgänge geben. Schon hat Bach***) neuerdings gezeigt, daß die Spannung an der Streckgrenze weit höher liegen und weit tiefer abfallen kann, als man bisher wußte, und aus älteren Ver-

*) Ausgenommen sind einige Zusatzstoffe wie Nickel, Chrom, Wolfram.

**) „Mitteilungen“ 1887 I und II, 88. S. 63, 89 IV. 94 S. 37.

***) Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1904.

suchen ist bekannt und durch die Mechanisch-Technische Versuchsanstalt bei ihren Versuchen im erhitzten Zustande bestätigt gefunden (was auch die Bachschen Ergebnisse jetzt wieder erkennen lassen), daß der Bereich der Nachstreckung an der Fließgrenze (Knick im Schaubild) immer kürzer wird, je höher der Wärmegrad liegt, bei dem die Versuche ausgeführt werden (bei etwa 400° C. verschwindet der Knick für Eisen; man hat diese Erscheinung für die Hypothese der Umwandlung des Eisens in allotrope Formen heran-

Längenmesser nach Abbe. C. Zeiß-Jena.

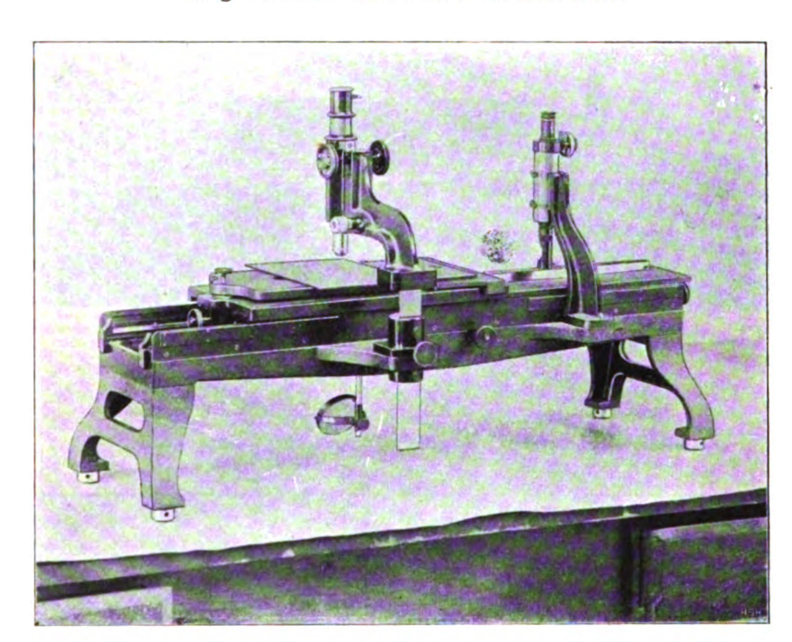


Fig. 34.

gezogen. — Die von Mügge u. a. behandelte Frage der Translation in Kristallen kann hier hineinspielen. Die Gefügeverhältnisse sind sicher von Einfluß). Auch diesen Vorgängen werden Industrie und Konstrukteure bald mehr Aufmerksamkeit schenken müssen, wenn sie das verfügbare Material verbessern und besser ausnutzen wollen. Das Studium dieser Vorgänge wird sicher praktische Früchte zeitigen und deswegen bald überall aufgenommen werden.

Für die Feststellung der Konstanten der Spiegelapparate und zur Ausführung einer Längenmessung sowie zur ständigen Kontrolle der Schneidenbreite an den Spiegelapparaten dient ein Längenmesser nach Abbe (Fig. 34) und ein Fühlhebeltaster von Bauschinger (Fig. 35).

Fühlhebeltaster von Bauschinger-Klebe. C. Klebe-München.

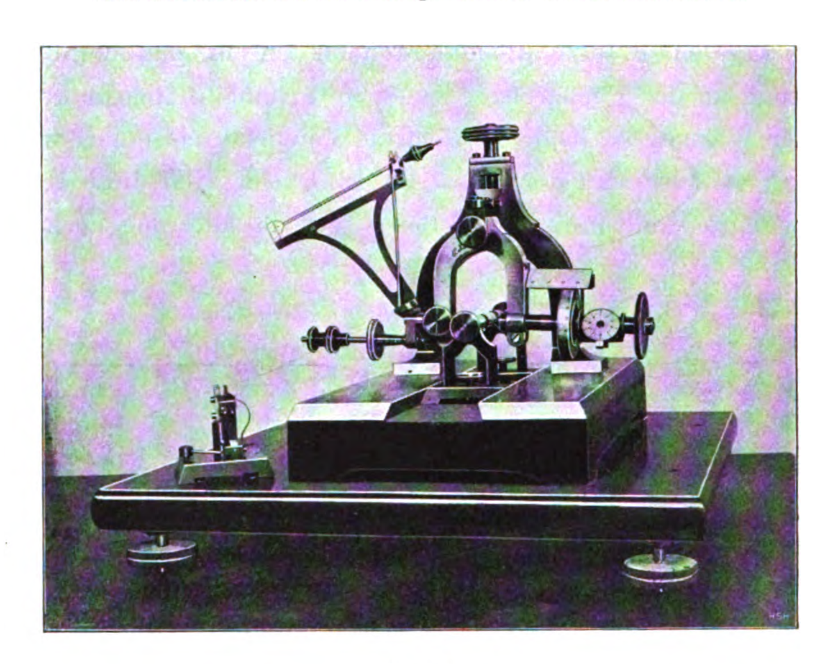


Fig. 35.

Ritz-Härteprüfer von Martens, Anstaltsmechaniker.

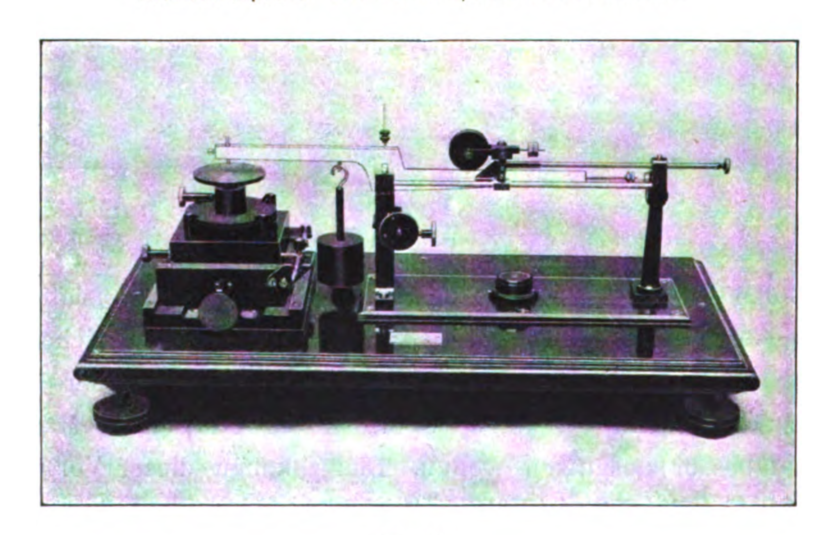


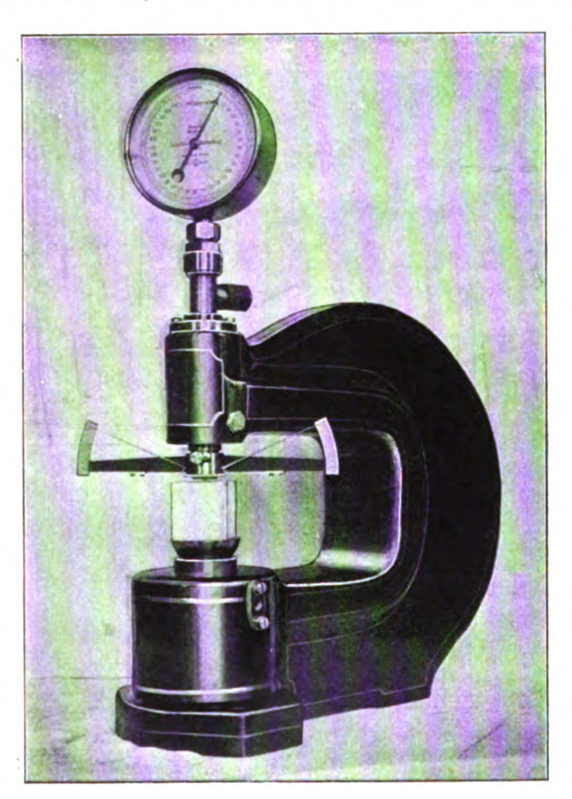
Fig. 36.

Der Längenmesser liefert die Längen mit einer Genauigkeitsgrenze von etwa 0,002 mm. Der Fühlhebeltaster gestattet mit Hilfe des doppelten Fühlhebelwerkes die Vergleichungen bis auf 0,0001 mm zu schätzen. Er ist so

eingerichtet, daß die Schneiden bei der Breitemessung stets wieder in die gleiche Lage kommen müssen.

Zur Bestimmung der Härte von Materialien ist ein Ritzhärteprüfer (Fig. 36) und ein Brinellscher Härteprüfer (Fig. 37) vorhanden.


Brinellscher Härteprüfer von Martens. Werkstatt des Amtes.



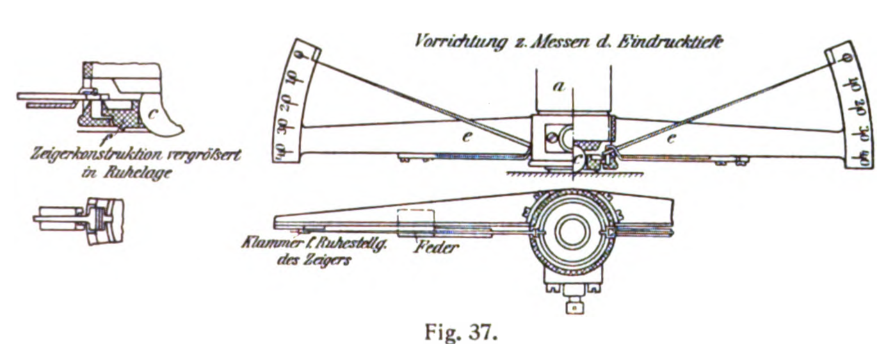


Fig. 37.

Der Ritzhärteprüfer ist vielfach ausgeführt und an vielen Anstalten in Gebrauch (D. S. Tab. 5). Er mißt die Härte an polierten Flächen durch Ritzen mit einer kegelförmigen Diamantspitze, die durch eine Laufgewichtswage

belastet wird. Als Maß für die Ritzhärte gilt diejenige Belastung der Diamantspitze, die eine Strichbreite von 0,01 mm Breite erzeugt. Um diese festzustellen, werden mit steigender oder abnehmender Belastung Gruppen von je fünf Reihen neben einander gezogen. Aus den Mittelwerten der gemessenen Strichbreiten wird graphisch die Belastung für 0,01 mm Breite bestimmt.

Schmieröl-Probiermaschine von Martens. Deutsche Waffen- und Munitionsfabriken Karlsruhe.

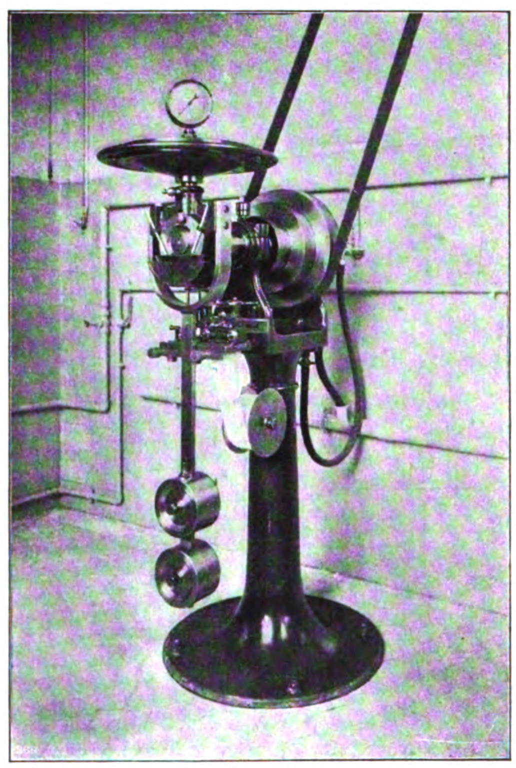


Fig. 38.

Der Brinellprüfer drückt die Oberfläche des Versuchsstückes mit einer kleinen hydraulischen Presse gegen die Stahlkugel c (Fig. 37), wobei die hierbei aufgewendete Kraft aus der Angabe des mit dem Zylinder verbundenen Manometers entnommen wird, während die Eindringetiefe gleichzeitig aus den Angaben der Zeiger e hervorgeht. Diese Zeiger haben ihren festen Drehpunkt an dem Körper a, während an ihrem kurzen Hebelarm die Ringschneide f angreift, die sich in gehöriger Entfernung von dem Eindrucke auf die Probenoberfläche stützt.

In einem besonderen Raume sind die Ölprobiermaschinen (Fig. 38) untergebracht. Es haben deren drei aufgestellt werden müssen, weil die

Anträge auf mechanische Prüfung der Schmieröle ziemlich oft einlaufen, und es sehr wertvoll ist, mehrere Maschinen zur Kontrolle nebeneinander benutzen zu können, damit Sicherheit für gleichmäßige, übereinstimmende Ergebnisse vorhanden ist.

Die Maschinen prüfen das Öl auf einem Zapfen von 70 mm Durchmesser zwischen drei schmalen Lagerschalen, die durch den Wasserdruck der Meßdose im Pendelkopfe so belastet werden können, daß die Pressung in der Ölschicht bis auf 250 at gesteigert werden kann. Die Schmierung geschieht durch Eintauchen in das Ölbad. Die Erwärmung der geschmierten Flächen wird durch Thermometer gemessen; sie kann durch Wasserzuführung und Heizung geregelt werden. Der Ausschlag des Pendels wird selbsttätig aufgeschrieben und gibt ein Maß für den Reibungszahlwert bei verschiedenen Geschwindigkeiten, verschiedenen Drucken und verschiedenen Wärmegraden.

Ein großes helles Laboratorium ist für besonders feine Versuche, zur Aufstellung von feinen Wagen, Härteprüfern, Druckmessern, Manometern und Prüfungsmaschinen u. a. m. vorhanden. In ihm werden auch die Längenmessungen und Kontrolle der Spiegelschneiden u. a. m. ausgeführt.

Die Fallwerke (Fig. 39) der Abt. 1 sind in dem Gebäude E (Fig. 2), untergebracht. Es sind vorhanden ein großes Fallwerk mit Bären bis zu 1000 kg und 10 m Fallhöhe zum Prüfen von Schienen, Radreifen, Achsen, Wellen, Panzerplattenbolzen usw., ein kleines Fallwerk mit Bären bis zu 200 kg und 4 m Fallhöhe zur Materialprüfung durch Stauch- und Biegeversuche und Kerbbiegeproben, zwei Schlagdauerversuchsmaschinen zur Prüfung von Seilen, Seilverbindungen, Schottermaterialien u. a. m. Ein Pendelschlagwerk dient zur Prüfung von Gußeisen und Ausführung von Kerbbiegeproben. Eine Reihe von ganz kleinen Fallwerken ist für Sonderzwecke vorhanden, z. B. zur Prüfung von Jagdschrot auf seine Härte.

Um Versuche an großen Konstruktionsteilen, Brückenträgern, Dachkonstruktionen, Decken, Treppen (Fig. 40), Gefäßen usw. im Freien ausführen zu können, sind die Röhrenkeller und in diesen allen Kraftleitungen bis zu einem kleinen Häuschen inmitten der Hofplätze geführt. Die Gegenstände werden hier von Fall zu Fall errichtet und dann mit Hilfe von besonders eingebauten hydraulischen Pressen usw. geprüft.

Über die Dauerversuchsanlage kann hier nur in großen Zügen gesprochen werden. Sie wird erst im Laufe des Jahres 1905 in Betrieb kommen und ist hauptsächlich dazu bestimmt, Dauerversuche mit Rohrleitungsmaterialien in der Hitze auszuführen. Diese Versuche sind von der



Fallwerke mit elektrischem Antrieb. E. Becker-Reinickendorf.

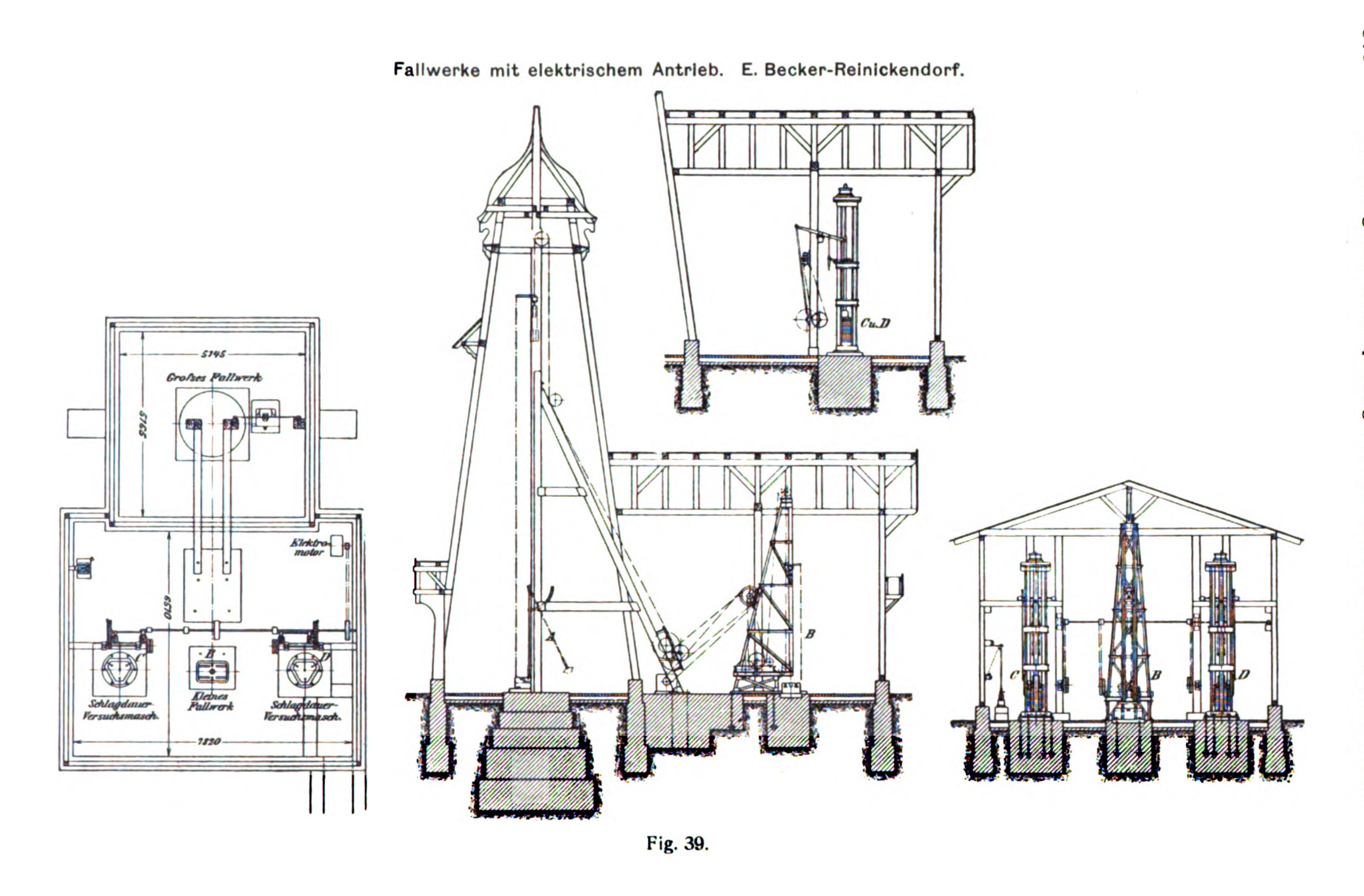


Fig. 39.

deutschen Reichsverwaltung in Verfolg der Reichstagsverhandlungen über die Rohrbrüche auf S. M. S. „Brandenburg“ in Auftrag gegeben worden. Zunächst sollen die Eigenschaftsänderungen der Materialien an sich durch oft wiederholte Anstrengung in verschiedenen Wärmezuständen und besonders in dem der Blauhitze vorangehenden und in den ihr entsprechenden Zuständen

Prüfung von Treppenstufen.

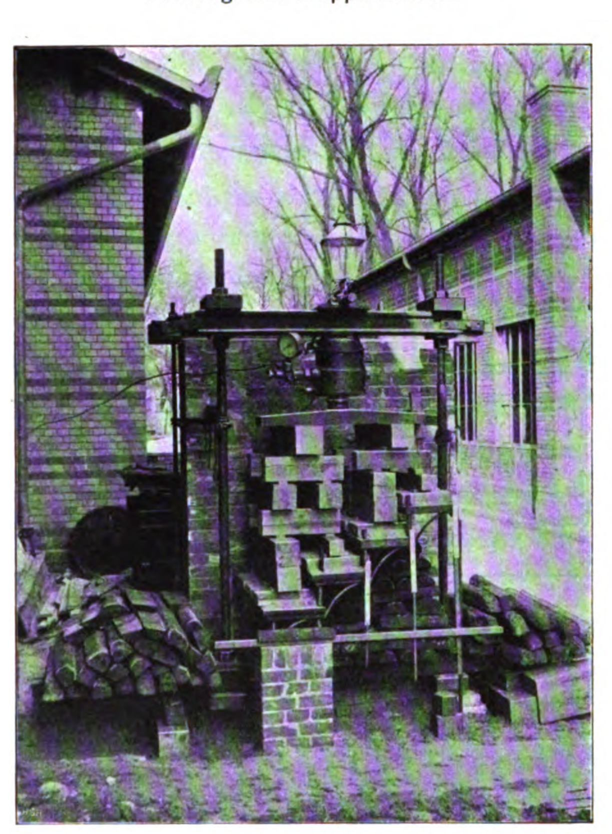


Fig. 40.

untersucht werden, in denen das Eisen nach den älteren durch neuere Versuche von anderen Forschern bestätigten Versuchen der Versuchsanstalt in einen spröden Zustand übergeht und an Formänderungsfähigkeit verliert. Neben diesen Versuchen wird man Biegeproben und Kerbbiegeproben im unverletzten und verletzten Zustande, bei verschiedenen Wärmegraden ausführen, und wenn die Mittel hierzu bewilligt werden, Versuche auf oft wiederholten, inneren Druck mit Rohren und Rohrformstücken aus den in Frage kommenden Rohrmaterialien bei verschiedenen Wärmegraden vornehmen.

Einen Anfang hierfür machte die Versuchsanstalt bereits durch ihre Dauerversuche über die Einwirkung des Ausglühens auf eiserne Gasflaschen (Mtlg. 1896 S. 2; 1901 S. 217).

Aufstellung der Dauervermessmaschinen. A. Borsig-Tegel; Schäffer & Budenberg-Buckau.

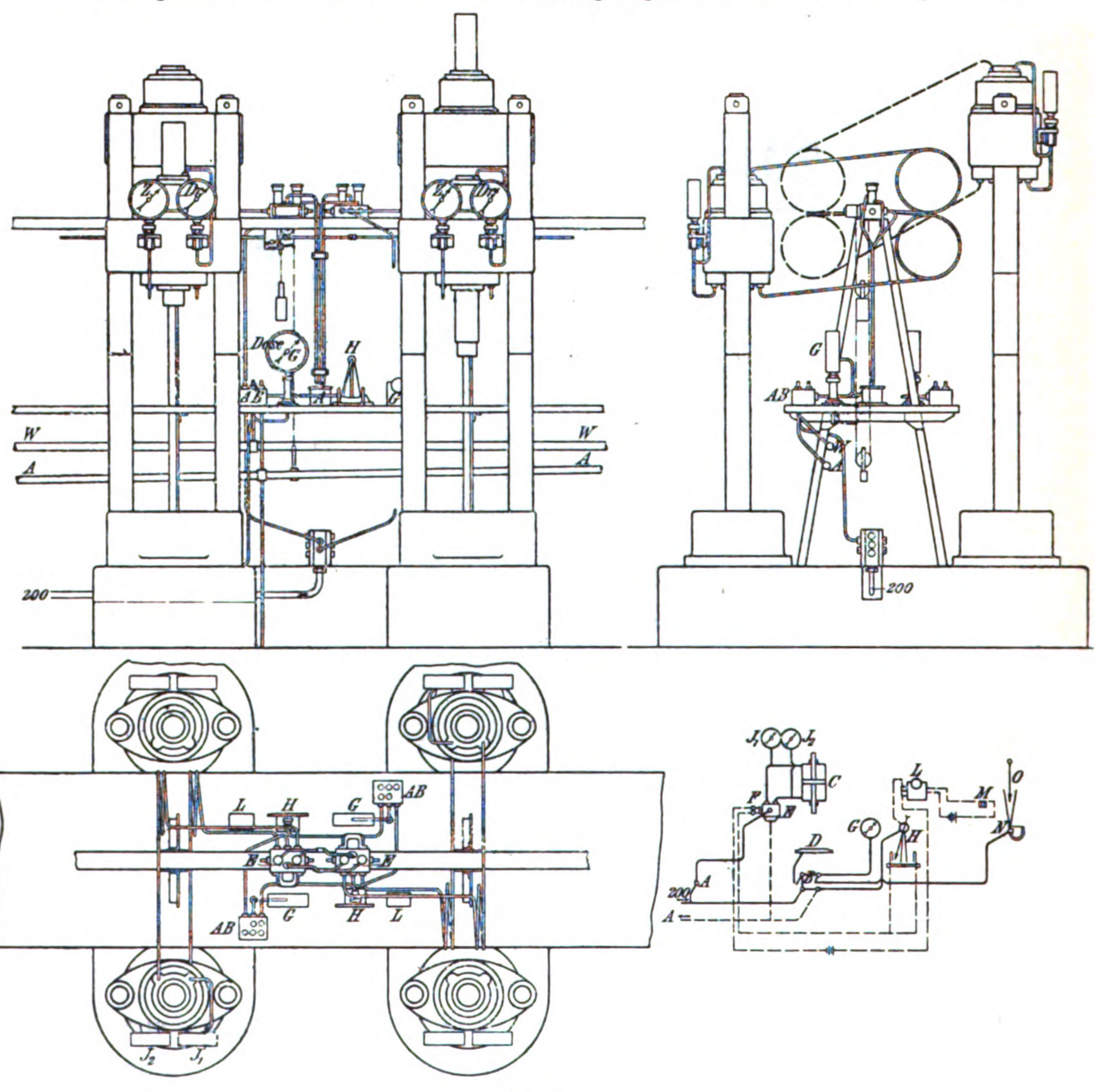


Fig. 41.

Die im Bau begriffene Dauerversuchsanlage besteht aus einem Gewichtsakkumulator mit selbsttätigem, elektrisch betriebenen Pumpwerke, das Tag und Nacht 20 Dauerversuchsmaschinen für Zug- und Druckbeanspruchung bedienen soll.

Diese Maschinen (Fig. 41) sind in vier Reihen aufgestellt und zwischen je zwei Reihen befinden sich die Steuerungstische. Die Maschinen an sich sind sehr einfache für 3000 kg Leistung konstruierte Probiermaschinen, die als Fuß die in Fig. 21 dargestellte Meßdose und als Kopf eine doppelt wirkende hydraulische Presse mit Liderkolben haben. Die Steuerung der Ventile für die Presse geschieht selbsttätig durch das mit der Meßdose D (vergl. Schema in Fig. 41) verbundene Manometer H mit elektrischen Kontakten. Der Stromschluß beim Höchstdruck (oder bei Null) steuert das Steuerventil E so, daß der Pressendruck auf Null oder ein Minimum zurückgeht, oder aber auch durch Null von Zug- auf Druckbeanspruchung im Probestabe umschlägt usw. Um die Maschinen auf richtige Arbeit zu kontrollieren, werden Hubzahl und Höchstzahl für je 10 Maschinen auf einen Papierstreifen verzeichnet. Zu dem Zwecke wird durch jeden Stromschluß am Manometer H das Zählwerk L um eine Einheit verschoben. Dabei verzeichnet dieses Zählwerk durch den Magneten M beim hundertsten Hub einen, beim tausendsten zwei, beim zehntausendsten drei und beim Hunderttausendsten vier Zacken auf das Papier. Über dieser Linie erscheint die Aufschreibung der Schreibfeder O des Schreibmanometers N, die nur die Endausschläge (Höchst- und Mindestdruck) zeichnet. Auf den Rand des Papiers schlägt der durch eine gute Uhr ausgelöste Stundendrucker Datum und Stunde ein. Die Manometer G, J_1 und J_2 dienen zur Kontrolle des Druckes in der Meßdose und in den beiden Zylinderhälften der hydraulischen Presse; A und B sind Abstellventile. Eine eingehendere, im einzelnen freilich nicht mehr ganz zutreffende Beschreibung findet sich in D. S. S. 331—336.

Die Erhitzung und Erhaltung des Probestabes auf die vorgeschriebenen Wärmegrade geschieht durch den elektrischen Ofen mit Platinspirale. Auch diese Einrichtung wird selbsttätig sein, sodaß die beabsichtigte Wärme gleichbleibend erhalten wird. Die Wärmegrade und ihre etwaigen Schwankungen werden mit Hilfe unmittelbar bis an den Vorsuchsstab geführter Le Chatelier-Pyrometer gemessen und selbsttätig aufgezeichnet.

Für die Versuche mit Rohren und Rohrformstücken im erhitzten Zustande soll die Einrichtung etwa wie folgt getroffen werden: Die bei gleicher Wärme zu prüfenden Rohre kommen in einen großen, elektrisch geheizten Ölbehälter. Als Druckflüssigkeit wird Öl benutzt, das durch selbsttätig gesteuerte Pumpwerke den beabsichtigten Druck bekommt und den Rohrstücken zuführt. Durch die Unterbringung in dem großen Behälter wird die Gefahr beim Bruch eines Rohres vermieden.



Auch die in der alten Anstalt bereits aufgenommenen Dauerversuche mit Kupferrohren sollen wieder aufgenommen werden. Professor Rudeloff gab hierfür die in Fig. 42 gezeichnete Einrichtung an. Das vom erwärmten Öl durchflossene Proberohr a ist in beweglichen Lagern auf zwei Stützen gelagert und mittels der an den Hebelarmen b wirkenden Federn c belastet,

Dauerversuche mit erhitzten Kupferrohren von Rudeloff.

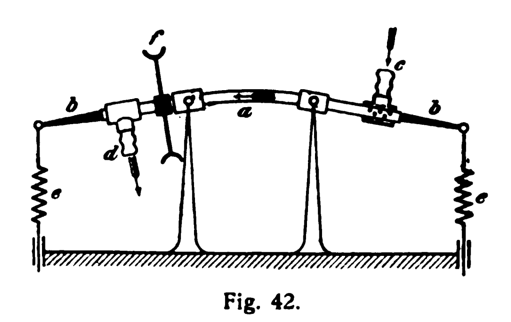


Fig. 42.

sodaß es auf ganzer Länge gleiche Biegebeanspruchung erfährt. Die Arme b sind für die Öldurchströmung hohl gemacht. Die durch das Öl auf gleichbleibende Wärme gebrachte Probe wird durch die Schnurscheibe f fortwährend gedreht.

Abteilung 2 für Baumaterialprüfung.

Eine ebenso vollkommene Einrichtung, wie Abt. 1, hat die Abteilung für Baumaterialprüfung erhalten. Da aber die Einrichtungen dieser und der übrigen Abteilungen für den Leserkreis minderes Interesse haben werden, so sollen sie nur in ganz kurzer Aufzählung aufgeführt werden, indem wieder auf die ausführlichere „Denkschrift“ verwiesen wird.

Die Anordnung der Räume im westlichen Flügel geht aus Fig. 3 hervor. Die Verwaltungsräume für Vorsteher, Mitarbeiter, Registratur und technisches Bureau, sowie das chemische Laboratorium zur Untersuchung von Baustoffen, das physikalische und mineralogische Laboratorium sind im nördlichen und die eigentlichen Versuchsräume im südlichen Teile untergebracht: einige Nebenräume liegen noch im Zwischenbau zwischen Hauptgebäude und den Laboratorien.

Die Tätigkeit der Abteilung 2 erstreckt sich der Hauptsache nach auf die Prüfung der Bindemittel, Mörtel- und Betonmaterialien, der künstlichen

und natürlichen Bau- und Pflastersteine, der übrigen Baustoffe, sowie auf Festigkeitsversuche an Konstruktionsteilen (Decken, Gewölbe, Durchlaßröhren usw.) und Brandproben.

Die Bindemittel werden in der Formerei rein oder als Mörtel und Beton zu Probekörpern für Zug- und Druckversuche eingeformt. Die trockene Mischung der Mörtelstoffe geschieht von Hand. Die Mischung kommt darauf in den Mörtelmischer Fig. 43, wird dort mit dem Anmachewasser versehen

Mörtelmischer nach Steinbrück (daphialer Hammerapparat). Tonindustrie-Zeitung, Berlin.

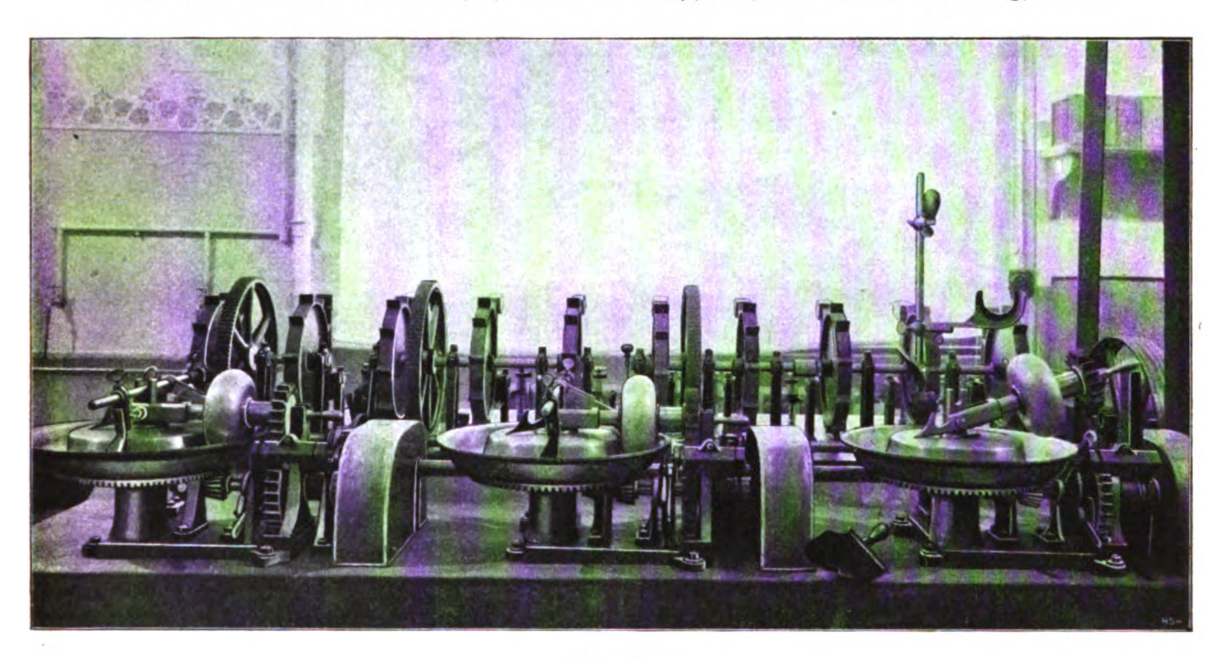


Fig. 43.

und in 20 Umdrehungen der Mischschale durch Auflockerer, Wender und Koller gemischt und geknetet. Der Mörtel wird alsdann in die Formen eingefüllt und darauf unter dem Böhmeschen Hammerapparat mit 150 Schlägen eines Hammers von 2 kg Gewicht, der aus 168 mm Höhe fällt, verdichtet. Nach dem Einformen werden die Körper, je nach Art der Bindemittel verschieden, vorschriftsmäßig gelagert. Dies geschieht in Luft, Wasser oder feuchtem Sande in einem besonderen Raume, der möglichst auf gleicher Wärme gehalten wird. Zur Herstellung der Mörtelkörper wird entweder sogenannter Normalsand oder der vom Bauplatze gelieferte Sand benutzt. Der Normalsand wird ganz einheitlich unter Oberaufsicht des Materialprüfungsamtes in

Freienwalde aus tertiärem Quarzsande hergestellt und in vom Amte plombierten Säcken in den Handel gebracht.

Die Herstellung des Betons geschieht entweder durch Mischen von Hand oder in einer großen Betonmischmaschine; das Einstampfen der Probekörper (Würfel von 10, 20, 30, 40 und 50 cm Seitenlänge oder Zugproben von 20×20 cm Querschnitt) geschieht von Hand.

Prüfungsraum Bv. 83.



Innenansicht. 44: 400 t-Presse; 46: 150 t-Presse; 47: 40 t-Presse; 48: 33 t-Presse; 50: 5 t-Biegepresse; 51: 2 t-Biegepresse; 53: Zugfestigkeitspresse; 56: Wasserdunstglaspresse; 58: elektrische Laufkatze.

Fig. 44.

Nach der vorgeschriebenen Lagerfrist kommen die Körper in den Prüfraum (Fig. 44), wo sie auf Druck- und Zugfestigkeit geprüft werden. In diesem Raume sind Festigkeitsprobiermaschinen für Kraftleistungen von 400 000 kg bis herab zu 500 kg aufgestellt, für die Ausführung von Zug- und Biegeversuchen, für Decken- und Kanalröhrenprüfung u. a. m. Die 400 t-Presse für Druckversuche mit Betonwürfeln ist in Fig. 45 und eine 40 000 kg-Presse für Druckversuche mit Mörtelkörpern in Fig. 46 dargestellt. Bei der ersteren wird die Kraft aus dem Wasserdruck im Preßzylinder, bei der zweiten aus dem Druck in der Meßdose mittels Manometer bestimmt. Die

400000 kg-Presse nach Martens. Maschinenbaugesellschaft Nürnberg.

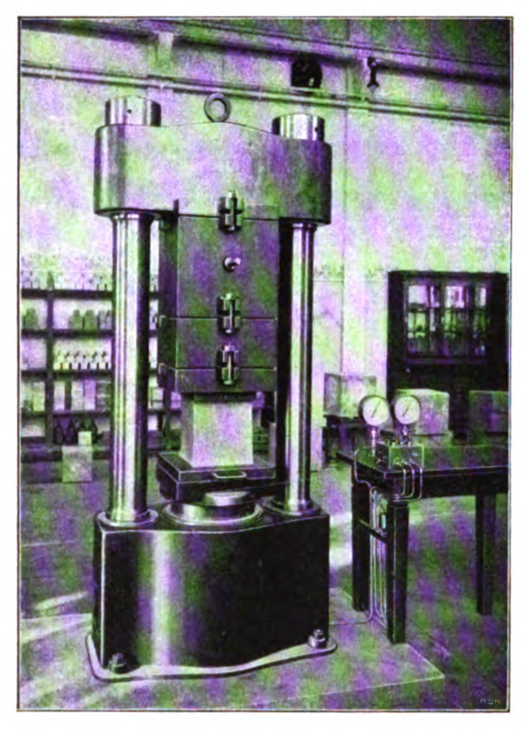


Fig. 45.

400000 kg-Druckpresse für Zementprüfung von Martens. Maschinenbaugesellschaft Nürnberg; Ventile, R. Gradenwitz-Berlin; Schreibmanometer u. Manometer, Schäffer & Budenberg-Buckau.

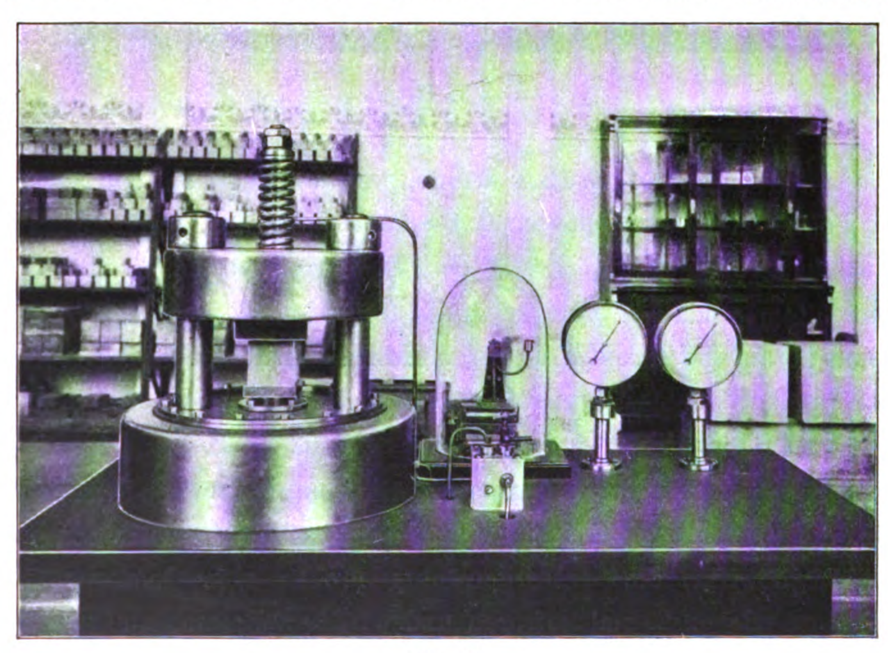


Fig. 46.

Konstruktion von Maschinen dieser Art führt zu kleinen Abmessungen. Die Maschinen sind zugleich verhältnismäßig billig und daher wohl geeignet, dem Prüfungswesen auch auf den Baustellen immer mehr Eingang zu verschaffen. Die hydraulische Presse ist vorzüglich geeignet für fliegende Prüfungseinrichtungen, um außerhalb der Versuchsanstalten Probebelastungen und Festigkeitsprüfungen an Bauteilen aller Art vorzunehmen (Fig. 40). Die hierdurch zu gewinnende Möglichkeit, durch Festigkeitsversuche im Bauwerk selbst die Voraussetzungen der Rechnung zu prüfen, wird lange noch nicht genug gewürdigt. Auch im Schiffbau würde man sie vielfach anwenden können.

Materialien durch Sandstrahlgebläse geprüft.

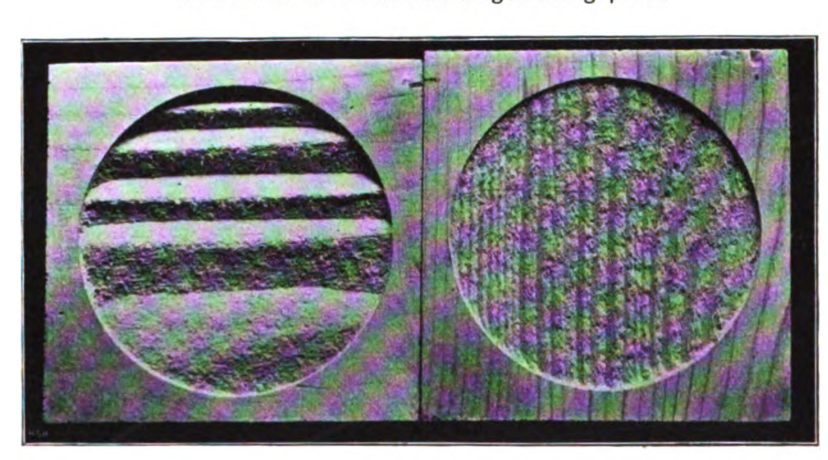


Fig. 47.

Die natürlichen Gesteine werden auf Sägegattern und Kreissägen, die mit eingesetzten oder gepulverten Diamanten arbeiten, zu Platten, Prismen und Würfeln zersägt, um auf Festigkeit geprüft zu werden.

Der Widerstand von Steinen gegen Abnutzung wird durch Schleifen mit Schmirgel auf der Bauschingerschen Schleifscheibe oder durch Anblasen mit dem Sandstrahlgebläse geprüft, das alle Ungleichheiten im Gefüge aufdeckt, Fig. 47 (D. S. S. 51).

Die Frostbeständigkeit von natürlichen und künstlichen Steinen u. a. m. wird in der Gefrieranlage von zwei Schwefligsäure-Eismaschinen in zwei Kühlgruben bewirkt, die wassergetränkte Proben zum Gefrieren bringen. Diese Proben pflegen 25 mal gefroren und wieder aufgetaut zu werden. Sie sollen diesen Vorgang ohne merklichen Schaden aushalten können.

Zum Zerkleinern, Mahlen, Sieben sind in besonderem Raum (Staubkammer) Maschinen und Apparate aufgestellt, die weitgehenden Anforderungen genügen.

Die Versuche auf Feuerfestigkeit von Steinen, Brennversuche mit Rohmaterialien für die Ton-, Kalk-, Zementindustrie werden im Feuerlaboratorium, Brandproben mit kleinen Gebäuden im Freien vorgenommen. Dabei werden die erzielten Hitzegrade mit Segerkegeln oder Le Chatelier-Pyrometern gemessen.

Abteilung 3 für Papierprüfung.

Die Abteilung 3 im ersten Stockwerke des Ostflügels hat neben den Räumen für Vorsteher, Mitarbeiter und Registratur ein Laboratorium für Mikroskopie, zwei chemische Laboratorien, ein Festigkeitszimmer und ein Zimmer für Lehrzwecke.

Die Abteilung hat vorwiegend die amtliche Papierprüfung zu besorgen. Diese ist derart geregelt, daß die Staatsbehörden nur Papiere kaufen dürfen, die mit einem bei dem Amte eingetragenen Wasserzeichen versehen sind. Von den gelieferten Papieren müssen von jeder Behörde alljährlich Proben zur Prüfung eingesendet werden. Das Wasserzeichen muß die Firma des Papiererzeugers in Buchstaben enthalten, so daß jedermann an jedem Bogen den Ursprung ablesen kann. Daneben steht das Wort „normal" und eine Zahl mit Buchstaben. Zahl und Buchstabe sagen dem Verbraucher (Beamten) zu welchem Zwecke (Urkunden, Standesamtsregister, Akten, Entwürfen usw.) das Papier verwendet werden darf. Es gibt vier Verwendungsklassen (1a—4a) für Urschriftpapier und dazu Nebenklassen (1b—4b) für Entwurfpapiere; außerdem gibt es noch 4 Klassen ohne Wasserzeichen für Druck- und Packpapier. Zahl und Buchstabe im Wasserzeichenpapier geben zugleich an: die Stoffzusammensetzung des Papiers, sowie das Mindestmaß von Festigkeit, Dehnbarkeit, Widerstand gegen Falzen, Leimfestigkeit usw.

Das Amt darf auf seinen Antrag dem im Wasserzeichen genannten Papiererzeuger von dem Befunde jeder amtlichen Prüfung seines Papiers Mitteilung machen, hat aber die Pflicht, dies in jedem Falle zu tun, in dem das Papier die im Wasserzeichen angegebenen Eigenschaften nicht besitzt. Wenn die Verstöße gegen die „Vorschriften für die Lieferung und Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken" grober Art sind oder sich oft wiederholen, so hat das Amt die Pflicht, den Wasserzeicheninhaber zu verwarnen. Wenn



wiederholte Verwarnungen erfolglos bleiben, so wird das Wasserzeichen aus der Liste gestrichen und der Inhaber von der Lieferung für Staatsbehörden ausgeschlossen. Die Wiederanmeldung ist dann erst nach mehreren Jahren zulässig.

Diese scharfe Kontrolle hat sich als außerordentlich segensreich erwiesen. Obwohl sie anfangs großen Widerstand fand, sind jetzt auch die Papier-



Mikroskopierzimmer.

Fig. 48.

fabrikanten von ihrem Nutzen überzeugt. Die Akten sind nunmehr in durchweg gutem Zustande, jedermann kann heute das als Stapelware erzeugte und im Handel verbreitete Normalpapier zu billigen Preisen kaufen und ist wegen der scharfen Kontrolle sicher, daß das Papier wirklich die im Wasserzeichen gegebenen Anforderungen erfüllt, denn jeder Posten kann vom Kleinhändler durch die Hände einer Behörde zur Prüfung kommen und dem Erzeuger eine Verwarnung eintragen, wenn gegen die „Vorschriften“ verstoßen wurde.

Solche Verwarnungen sind im Laufe von mehreren Jahren überhaupt nicht mehr nötig gewesen. Die Folge dieser Tatsache ist, daß das deutsche Papier auch im Auslande guten Ruf genießt.

Die Abteilung 3 prüft aber in großem Umfange auch die Rohmaterialien und Erzeugnisse der Textilindustrie, besonders für Lieferung an Marine-, Militär-, Eisenbahn-, Kolonialbehörden u. a. m. als Bekleidungsstoffe, Zeltstoffe, Schuhzeug, Brotbeutel, Segel, Pläne usw.

Papierprüfer von Schopper. L. Schopper-Leipzig.

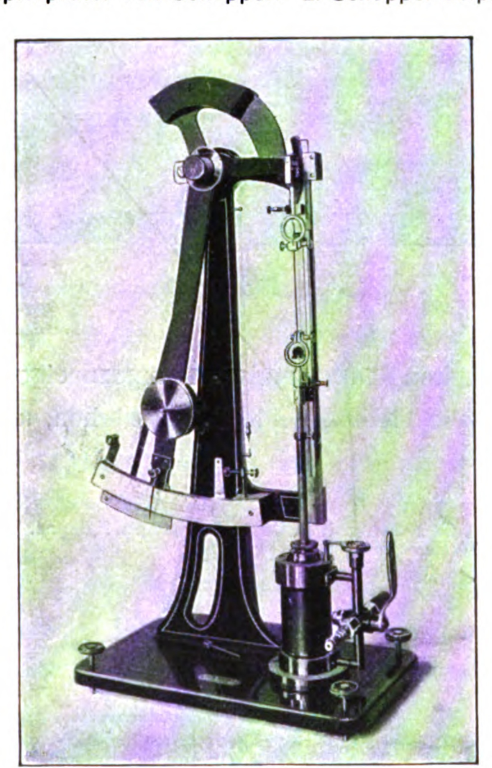


Fig. 49.

Über die Einrichtung der Abteilung 3 ist zu sagen, daß sie sehr vollkommen mit Mikroskopen von Zeiß-Jena, mit mikrophotographischen Einrichtungen, Festigkeitsprobiermaschinen und Sonderapparaten für bestimmte Zwecke (Wasserdurchlaßprüfer, Steig-Höhenprüfer, Filtrierfähigkeitsprüfer usw.) versehen ist.

Ein Teil des Mikroskopierzimmers ist in Fig. 48 gezeigt. Die Festigkeitsprüfer, von 1 kg Leistung (für Einzelfasern und feinste Gespinste) bis zu 1000 kg (für Segeltuche, Gurten usw.) sind in einem Raume untergebracht, der

durch Wasserzerstäuber auf gleiche Feuchtigkeit erhalten werden kann. Die Festigkeitsprüfer für Papier haben jetzt fast allgemein die in Fig. 49 gegebene Form. Die Maschine ist hydraulisch angetrieben, gibt durch den Ausschlag des Pendels an dem oberen Maßstabe die Dehnbarkeit des Papiers durch die

Falzapparate von Schopper. L. Schopper-Leipzig.

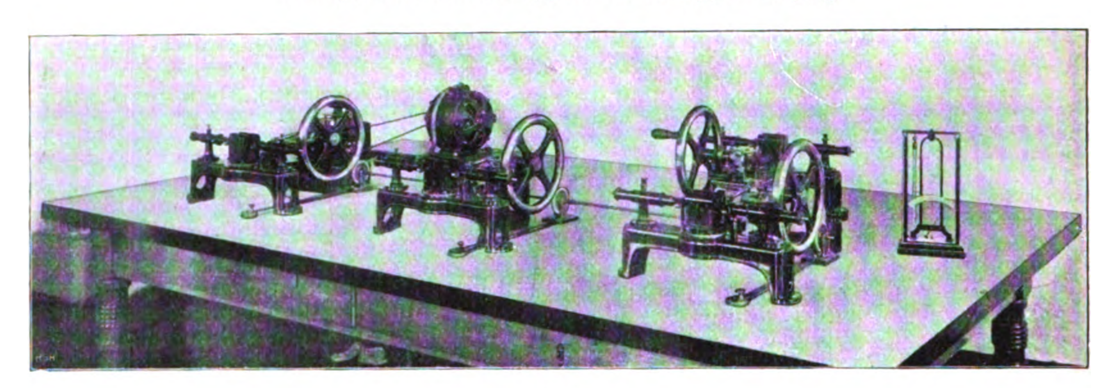


Fig. 50.

Relativbewegung zwischen Pendel und Dehnungsanzeiger an. Im Augenblicke des Zerreißens der Probe bleiben beide Zeiger stehen, und man kann in Ruhe ablesen.

Grundsatz des Schopperschen Falzers.

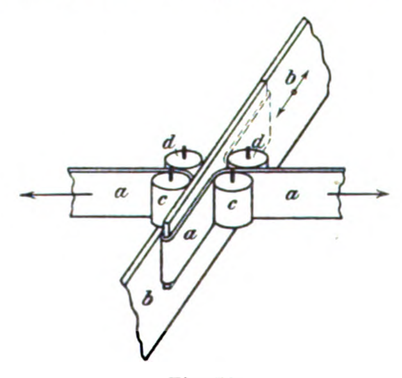


Fig. 51.

Der Widerstand gegen Falzen wird durch die in Fig. 50 abgebildeten Apparate bestimmt, deren Grundsatz durch Fig. 51 erläutert ist. Der Papierstreifen a wird durch Spannfedern in Richtung der Pfeile schwach in Spannung erhalten und durch den geschlitzten Schieber b zwischen die Rollenpaare c und d hin- und hergezogen, gefalzt. Schlechte Papiere ertragen nur

einen oder wenige Hin- und Hergänge, während die besten viele tausend überstehen.

Wer sich für die Einrichtungen, Maschinen und Apparate für Papierprüfung besonders interessiert, wolle die ausführliche und mit Quellenangaben versehene Denkschrift nachlesen. Hier sei nur noch gesagt, daß für junge Papiermacher aus der Praxis ein besonderer Lehrkurs eingerichtet ist, in dem die jungen Leute je ein Vierteljahr Unterricht in der Papierprüfung und solchen einfachen, chemischen Verfahren erhalten, wie sie im Fabrikbetriebe vorkommen können. Diese Stellen sind sehr gesucht und auf mehrere Jahre im voraus vergeben, weil die Papierfabriken meistens den Kurs als Vorbildung für Meister und Direktoren verlangen; auch die Söhne von Fabrikbesitzern kommen.

Abteilung 4 für Metallographie.

Im zweiten Stock des Hauptgebäudes hat die Abteilung für Metallographie ihre sehr vollkommen ausgerüsteten Räume.

Die Abteilung ist, wie ihr Arbeitsgebiet, noch in lebhaftester Entwickelung begriffen; sie dürfte, wie ihr Gebiet im Materialprüfungswesen, zu einer hervorragenden Bedeutung im Gefüge des Amtes gelangen. Ihr Feld ist hauptsächlich die Gefügeuntersuchung der Metalle im Anschluß an metallurgische und physikalische Arbeiten. Die Vorgänge und Folgen der Verarbeitung von Metallen und Legierungen werden studiert. Die Wirkungen der chemischen Zusammensetzung, der Erhitzung, des Glühens und Abschreckens, Schmiedens, Walzens, Ziehens, Hämmerns u. a. m. werden untersucht. Der Einfluß der Bearbeitung in der Werkstatt auf das Material usw. wird geprüft. Über die bisherigen Arbeiten ist in den „Mitteilungen“ und in der technischen Literatur umfangreich berichtet worden.

Für den Schiffbau von Bedeutung sind die Arbeiten über die Einwirkung von Wasserstoff und wasserstoffhaltigen Gasen (Leuchtgas) auf glühendes Kupfer (Wasserstoffkrankheit) und auf Flußeisen und Stahl, die zur Abschreckung gelangen (Erhöhung der Sprödigkeit), über den Nachweis bleibender Formveränderungen in Metallen, über die Wirkung des Abschreckens von Stählen von verschiedenen Wärmegraden und das darauffolgende Anlassen, über die gegenseitigen Beziehungen zwischen Kupfer, sowie der Kupferzinnlegierungen und Sauerstoff, über die Wirkung der Überhitzung auf Flußeisen und Kupfer, ferner über die Beziehungen unter denen der Angriff von Wasser und anderen Flüssigkeiten auf Eisen und Kupfer erfolgt.

Die gewonnenen Ergebnisse konnten vielfach zur Aufklärung besonderer Erscheinungen, vorzeitiger Brüche und Schäden an Schiffbaumaterial herangezogen werden. Zur Bearbeitung vorgelegte und zur Kenntnis gelangte Einzelfälle führten zu Untersuchungen über die Entstehung von Rissen in Kupfer infolge mechanischer Bearbeitung bei zu hohen Wärmegraden und infolge häufig wiederholter Hin- und Herbiegungen, verbunden mit bleibender Formveränderung, über Sulfatrinschlüsse in Elektrolytkupfer, über die Ursachen der Flecke auf den Bruchflächen von Bronzen, über die durch Ausseigerung phosphorreicher Legierungen innerhalb von Flußeisen erzeugte Empfindlichkeit gegenüber stoßweiser Beanspruchung im verletzten Zustande (Lochen, Kerben, einspringende scharfe Kanten), über den Angriff von Eisen und Kupfer durch schwefligsäurehaltige Verbrennungsgase, über den Einfluß der Probeentnahme auf das Ergebnis der chemischen Analyse und der Festigkeitsversuche. Die Hilfe der Abteilung wurde mehrfach in Anspruch genommen zur Feststellung, ob Eisenrohre nahtlos oder geschweißt, ob die Schweißungen stumpf, überlappt waren; auch über die Güte ausgeführter Schweißungen und Lötungen wurde Auskunft gegeben. Die Unterscheidung von Flußeisen von Schweißeisen wurde recht häufig verlangt; in einem Falle mußte auch ermittelt werden, ob eine eigentümliche Brucherscheinung in einer Schiffswelle auf elektrische Einschweißung zurückzuführen war.

Für den Schiffbau sind die Arbeiten über den Einfluß von Wasserstoff oder wasserstoffhaltigen Gasen auf glühendes Eisen und Kupfer, über die gegenseitigen Beziehungen zwischen Kupfer und Sauerstoff, über die Materialänderungen in den Lötnähten von Kupferröhren, über die Wirkung der Überhitzung auf Flußeisen und Kupfer und ferner die Studien über die Bedingungen, unter denen der Angriff von Wasser und anderen Flüssigkeiten auf Eisen und Kupfer erfolgt, von Bedeutung.

Die Einrichtungen seien hier nur in Kürze aufgezählt, um ein Bild zu geben von dem, was geleistet werden kann; zu weiterem Eindringen ist das Studium der Denkschrift und der umfangreichen Fachliteratur notwendig.

In dem Glühraume (Fig. 52) werden in Gasöfen und elektrischen Schmelz- und Glühöfen die Arbeiten mit kleinen Mengen und Stücken vorgenommen, während für größere Arbeiten der Schmelzraum im Kesselhause verfügbar ist. Im Glühraume sind Apparate für gröbere Messung und Aufzeichnung der beim Glühen und Schmelzen benutzten Hitzegrade mittels des Le Chatelier-Pyrometers aufgestellt, während die feinen Meß- und Aufschreibapparate für

genaue Bestimmungen im Feinmeßraume untergebracht sind; sie können durch Umschaltung mit den Öfen im Glühraume verbunden werden.

Durch Regulierwiderstände im Hauptstrom und im Nebenschluß des elektrischen Widerstandsofens (nach Heraeus) ist es möglich, dauernd beliebige Wärmegrade festzuhalten, ferner beliebig schnelle Erhitzung und Abkühlung von Metallproben zu erzielen, also die Verhältnisse bei der Wärmebehandlung kleiner Probestücke denen bei der Behandlung größerer Werkstücke in der


Glühraum.

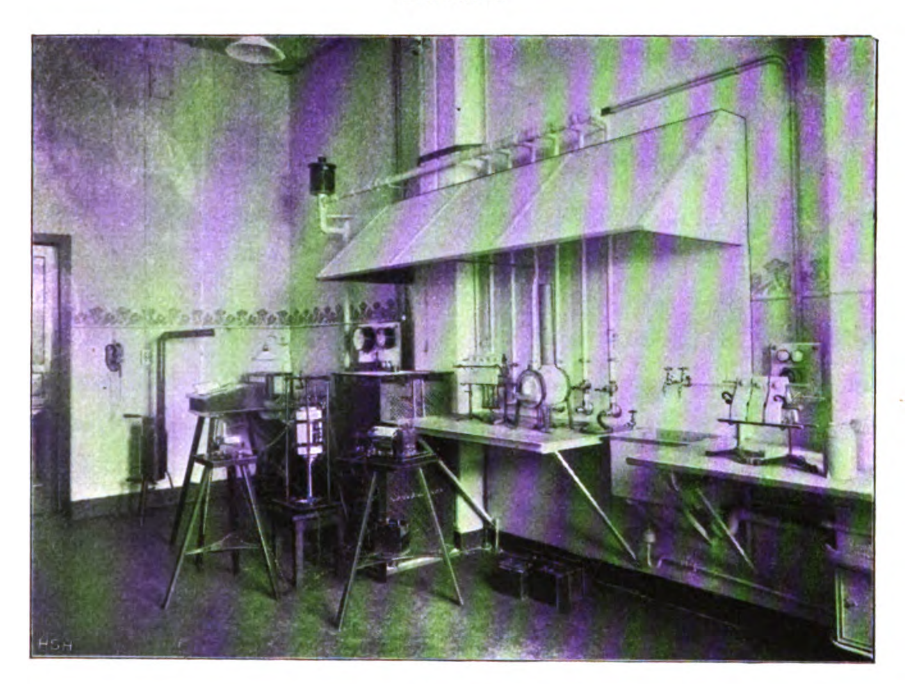


Fig. 52.

Praxis bis zu einem gewissen Grade zu nähern. Zur genauen und laufenden Aufzeichnung der diesen Vorgängen entsprechenden Wärmegrade dient ein selbstaufzeichnendes Pyrometer (Siemens & Halske). Die Einrichtungen im Glühraume gestatten die Ermittelung der Erstarrungspunkte von Legierungsreihen, die ein wesentliches Hilfsmittel sind zur Erkenntnis der während der Erstarrung sich vollziehenden Verteilung und Gruppierung der Grundbestandteile der Legierung, worüber dann die folgende mikroskopische Untersuchung weiteren Aufschluß gibt. Zur Aufklärung von Umlegierungen, die sich in bereits erstarrten Legierungen vollziehen, dient eine Einrichtung zur Ermittelung der sogenannten „Haltepunkte“, d. h. der Wärmegrade, bei denen sich

diese Umwandlungen unter Wärmeabgabe oder -Bindung vollziehen. Die Einrichtung besteht aus dem Heraeusofen und zwei gegeneinander geschalteten Thermoelementen, von denen das eine mit der zu prüfenden Legierung, das andere mit einem hochfeuerfesten Porzellankörper verbunden ist, der zugleich mit der Legierungsprobe und unter genau gleichen Verhältnissen abgekühlt oder erhitzt wird. Der Ausschlag eines empfindlichen Galvanometers (Zeigergalvanometer, Spiegelgalvanometer) gibt dann die erfolgte Wärmetönung zu erkennen, während gleichzeitig ein gewöhnliches, mit der Legierungsprobe verbundenes Thermoelement den Wärmegrad festzustellen gestattet, bei dem die Wärmetönung erfolgte. Das letztere Element läßt in Verbindung mit einem selbstaufzeichnenden Zeitmesser die Lage der Haltepunkte gleichzeitig noch nach einem zweiten Verfahren feststellen.

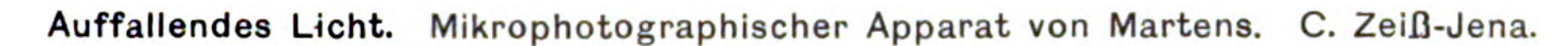
Zur Messung sehr hoher Hitzegrade (über 1600° C.), sowie auch zur laufenden Ermittelung niederer Wärmegrade (z. B. der Wärme beim Gießen, beim Schmieden ohne Beeinträchtigung der Arbeit) leistet ein optisches Pyrometer (Holborn und Kurlbaum) wesentliche Dienste. Es beruht auf dem Vergleiche der Lichtstärke einer Wärmequelle (Ofen, Werkstück) mit einer im Fernrohr eingeschalteten Glühlampe, deren Stromzuführung mit einem Regulierwiderstand solange erwärmt wird, bis das Bild ihres Fadens im Bilde der Wärmequelle verschwindet, also gleiche Lichtstärke erzielt ist. Der Ausschlag des in den Stromkreis der Lampe eingeschalteten Galvanometers gestattet unmittelbare Ablesung des Hitzegrades.

Die Einrichtungen des Schmelzraumes im Kesselhause geben die Möglichkeit, größere Mengen von Legierungen herzustellen und verschiedenen Wärmebehandlungen zu unterziehen, um so die gesamten, physikalischen und chemischen Eigenschaften von Legierungsreihen zur Untersuchung zu bringen und die Beziehungen zwischen ihnen zu ermitteln.

Durch Gegeneinanderschaltung zweier Le Chatelier-Pyrometer, von denen das eine mit der zu prüfenden Eisenprobe, das andere mit einer hochfeuerfesten Porzellanmasse verbunden ist, die zugleich mit der Eisenprobe erhitzt wird, wird die Messung wesentlich verfeinert; auf das Galvanometer kommt nur die Stromdifferenz zur Wirkung und für diese kann man nun den ganzen Maßbereich des Galvanometers nutzbar machen; dieses ist selbstaufzeichnend (Siemens & Halske). Zum Messen sehr hoher Hitzegrade ist ein optisches Pyrometer (Holborn) vorhanden, in dessen auf die Wärmequelle gerichteten Fernrohr eine Glühlampe eingeschaltet ist, die durch Widerstands-

schaltung auf gleiche Helligkeit, d. h. zum Verschwinden in dem Flammbilde, gebracht wird, worauf der Galvanometerausschlag den Hitzegrad anzeigt.

Apparate zur Kontrolle der Le Chatelier-Pyrometer, zur Bestimmung der magnetischen Eigenschaften von Eisen u. a. m. vervollständigen die Einrichtungen des Meßraumes.


Auffallendes Licht. Mikrophotographischer Apparat von Martens. C. Zeiß-Jena.

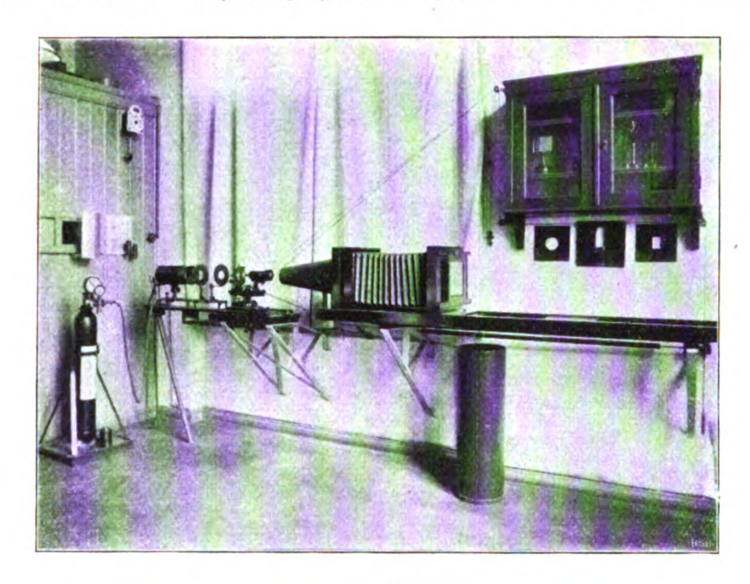


Fig. 53.

Außer dem Schleifraume, dem Ätzraume, dem metallurgisch-chemischen Laboratorium mit Nebenräumen ist besonders das Mikroskopierzimmer mit seinen Sammlungen und Präparaten, Mikrophotographien und Handzeichnungen zu erwähnen. Seine Hauptausrüstung besteht aus der mikrophotographischen Einrichtung (Fig. 53) und aus einer großen Reihe von Mikroskopen von C. Zeiß und R. Fueß.

Abteilung 5 für allgemeine Chemie.

Die Abteilung 5 für allgemeine Chemie ist im ersten und teilweise auch im zweiten Stockwerke des Hauptgebäudes untergebracht. Neben den Verwaltungsräumen für den Unterdirektor, den Vorsteher, die Registratur und den Räumen für Probeneingang, Probenvorbereitung, Spül- und Wägezimmer sind zwei große Laboratorien für anorganische (Fig. 54) und organische Chemie mit vier und drei großen Arbeitstischen, sowie eine Reihe von Arbeitsräumen

für Sonderzwecke vorhanden. Solche Räume sind vorgesehen für Elektrolyse und Titration, für Wasseranalyse und Alkalibestimmungen, für Kalorimetrie, Gasanalyse und metallurgisches Probierwesen, für Elementaranalyse, Arbeiten mit Schwefelwasserstoff und Chlor.

Ferner stehen auch noch die flachen Dächer des Gebäudes für Arbeiten im Freien zur Verfügung.

Laboratorium für anorganische Chemie.



Fig. 54.

Die Einrichtungen sind vollkommen den Errungenschaften der Neuzeit entsprechend ausgewählt, sodaß die Abteilung alle chemischen Arbeiten auf dem Gebiete des Materialprüfungswesens auszuführen vermag. Von dem Arbeitsgebiet ausgenommen sind die Nahrungsmitteluntersuchungen und die bakteriologische Wasserprüfung.

Für die Schiffbautechnik war die Abteilung als Chemisch-Technische Versuchsanstalt namentlich durch Analyse von Schiffbaumaterial und die Untersuchung der Ursachen der Zerstörungen an Eisen und Kupfer durch See- und Kesselwasser tätig. Die Prüfung von Panzerplatten im Auftrage der Kaiserlichen Marine hatten einen großen Umfang. Fette und Öle wurden häufig untersucht; diese Arbeit fällt jetzt der Abteilung 6 für Ölprüfung zu.

Abteilung 6 für Ölprüfung.

Die Abteilung 6 ist im ersten Stockwerke des Westflügels untergebracht. Sie verfügt neben den Zimmern für Vorsteher, Mitarbeiter und Registratur über zwei chemische Laboratorien mit dazwischenliegenden Wage- und Flammpunktszimmern. Die Laboratorien sind im allgemeinen gleich denen der übrigen Abteilungen eingerichtet, nur sind die Ausrüstungen den besonderen Bedürfnissen des Abteilungsbetriebes angepaßt worden. Dies gilt namentlich von dem Destillierraume (Fig. 55) in dem die Rohmaterialien der

Dampfdestillieranlage.

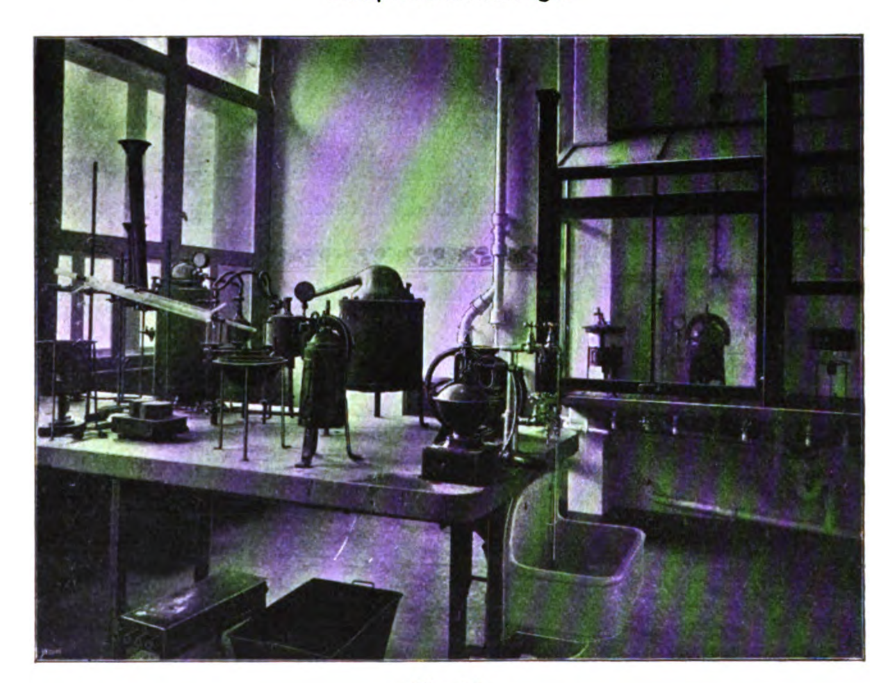


Fig. 55.

Ölindustrie auf ihre Ergiebigkeit an Halb- und Fertigerzeugnissen, d. h. an Verwertbarkeit im Industriebetriebe, untersucht werden. Im Photometerraume kann die Leuchtkraft von Brennölen und Kerzenmaterial festgestellt werden; explosible Stoffe werden im Schießraume geprüft. Außerdem steht noch ein Schwefelwasserstoffzimmer und ein Verbrennungsraum zur Verfügung. Die Heizung der Kapellen, Destillierapparate usw. mit Dampf ist in Abteilung 6 wegen der Feuersgefahr mehr ausgebildet als in den übrigen Laboratorien.

Die Abteilung 6 hat namentlich die Erzeugnisse der Fett- und Mineralölindustrie, wie Schmier- und Brennöle, Seifen u. a. m. zu untersuchen. Sie

ist besonders tätig für die Eisenbahnverwaltungen, für die Militärwerkstätten, für die Kriegs- und Handelsmarine und für die Industrie. Sie hat namentlich auch umfangreiche vergleichende Versuche im Auftrage des Ministeriums für Handel und Gewerbe ausgeführt, in zolltechnischen Fragen und Streitigkeiten oft mitgewirkt und vielfach Rat bei Aufstellung von Lieferungsbedingungen, z. B. für Heißdampfmaschinen, Torpedoschmieröl, Wagenöle usw. erteilt sowie den Gerichten Gutachten in Streitsachen geliefert.

Der Schiffbautechnik diente sie neben den gewöhnlichen Prüfungen besonders auch durch die Untersuchung von Ölen zur Schmierung der Torpedomaschinen, durch Untersuchung der Rückstände in Luftkompressoren u. a. m.

Die Tätigkeit der früheren Versuchsanstalten.

Die Aufgaben des Amtes sind in den voraufgehenden Absätzen der Besprechung der Einrichtung der einzelnen Abteilungen zum Teil schon aufgeführt. Hier sei es gestattet, aus der Denkschrift noch einige Worte über die Tätigkeit der Vorgängerinnen des Amtes hinzuzufügen, weil diese Übersicht zugleich zeigt, in welchen Richtungen das neue Materialprüfungsamt weiter arbeiten wird.

In der Denkschrift ist als Einleitung ein zusammenfassender Bericht über die Tätigkeit der Versuchsanstalten in den Jahren 1883 bis 1903 gegeben, der zunächst in Bild und Wort das Wachstum der Anstalten darstellt, und dann einen Überblick gibt über die Lehrtätigkeit der Beamten auf dem Gebiete der Materialprüfung und der Metallographie. Auf die wissenschaftlichen Untersuchungen des Amtes ist eingegangen, die Beteiligung fremder Forscher an wissenschaftlichen Arbeiten ist besprochen und das Zusammenarbeiten mit deutschen und ausländischen Schwesteranstalten als in hohem Maße nützlich für den Ausbau des Prüfungswesens fördernd erwiesen. Es wird gezeigt, in welchem Umfange dabei Einrichtungen und Verfahren des Amtes Verbreitung nach außen fanden und wie auch die Anstalt selbst in hohem Maße Nutzen aus dem Verkehr mit den Schwesteranstalten ziehen konnte. Das gleiche gilt für den regen Verkehr mit den Fachvereinen, die der Anstalt nicht nur große Aufgaben zuführten, sondern durch ihre Verhandlungen und Kommissionsberatungen auch noch den Anschauungskreis der teilnehmenden Beamten erweiterten und ihnen Gelegenheit gaben, auch ihrerseits die Erfahrungen des Amtes auf fruchtbaren Boden zu pflanzen.

Als Vermittlerin zwischen Erzeuger und Verbraucher ist die Anstalt oft



aufgetreten; gerichtliche Gutachten in Straf- und Streitsachen hat sie oft abgegeben und hat Behörden und Privaten häufig als Gutachterin in schwierigen Fällen gedient. Insonderheit hat sie als unparteiische Stelle segensreiche Tätigkeit in Zollstreitigkeiten und in Streitfällen über Materiallieferungen an Behörden entwickelt, oder bei der Aufstellung von Lieferungsbedingungen vermittelnd wirken und oft auch die Abnahmeprüfungen übernehmen können. Private und Staatsbetriebe haben die Anstalt zur Feststellung der Vorgänge bei der Materialerzeugung und Verarbeitung herangezogen.

Es war stets das eifrige Streben der Anstalt, mit der Praxis, wo nur immer angängig, in engsten Verkehr zu treten, weil die Berührung mit der werktätigen Praxis immer Gelegenheit zur Selbstkritik, zur kritischen Besprechung der eigenen Tätigkeit und Anregung zur Vertiefung der Arbeiten des Amtes gibt. Stets wurde gerne gesehen und tunlichst auch beachtet jedes offene Wort über das Schaffen der Anstalt, denn eine solche Meinungsäußerung konnte nicht hindernd, sondern nur fördernd wirken; die Förderung aber wird stets der Allgemeinheit zugute kommen. Wo also dem Amte die Gelegenheit zum Verkehr mit der Praxis geboten werden wird, wird sie auch in Zukunft gerne ergriffen werden.

In Erkennung des großen Wertes der innigen Berührung mit den Außenkreisen wurde der Versuchsanstalt ein Fonds für Studienreisen der Beamten zur Verfügung gestellt und sie war dadurch in der Lage, jährlich einen Teil der leitenden Personen auszusenden, um diese und die Anstalt in der Leistungsfähigkeit zu fördern.

Auf die in der Denkschrift ausführlicher besprochenen großen Arbeiten kann wegen Raummangel im einzelnen nicht eingegangen werden; es muß vielmehr auch hier wegen der Übersichten über den Entwickelungsgang des Amtes auf den ersten Abschnitt der Denkschrift verwiesen werden.

Ziele für die Zukunft.

In ihrem letzten Abschnitte gibt die Denkschrift einen kurzen Ausblick über die Ziele und die Zukunft des Amtes, aus dem einige Sätze hier abgedruckt seien, mit dem Wunsche, daß sich Freunde finden möchten, die den Wächter am Staatssäckel überreden, seine Hand auch in Zukunft nur leicht auf das Schnürbändchen zu legen. Wo es brennt, deuten folgende Schlußworte der Denkschrift an.

„Man wird vor allen Dingen Bedacht darauf nehmen müssen, neben dem



rein geschäftlichen Betriebe des Amtes für die wissenschaftlichen Aufgaben einen breiteren Raum zu schaffen, als es bisher wegen der beschränkten Verhältnisse und der Zersplitterung des Gebietes in mehrere getrennte Anstalten möglich gewesen ist.

Die Förderung und Verbreitung der Kenntnis von den Materialeigenschaften ist nachdrücklicher als bisher zu betreiben. Die Grundlagen für die immer vollkommenere technische Ausnutzung der uns von der Natur gebotenen Rohstoffe sind ständig zu erweitern.

Man wird deswegen, neben der stetigen Vervollkommnung und Ausgestaltung der Hilfsmittel des Amtes, jetzt vor allen Dingen dahin streben müssen, nun auch seine wissenschaftlichen Hilfskräfte immer mehr zu stärken, diese Kräfte an das Amt zu fesseln, ihre Fähigkeiten, ihren Gesichtskreis, ihre Schaffensfreudigkeit, ihr Streben nach immer engerer Berührung mit der praktischen Technik mehr und mehr zu heben. Je tiefer die leitenden Beamten in Wesen und Bedürfnisse der technischen Kreise eindringen, denen zu dienen sie berufen sind, um so größer wird der Nutzen werden, den das Amt stiften kann. Je mehr und je engere Fühlung es gewinnt, desto mehr Gelegenheit für die Hebung seiner Leistungsfähigkeit wird es zum Nutzen derer erfahren, denen es dienen soll.

Um dieses Ziel möglichst vollkommen zu erreichen, wird das Entgegenkommen der technischen Kreise notwendig sein. Aber nach jetzt zwanzigjähriger Erfahrung darf man aussprechen, daß das Amt, je mehr es seine Schuldigkeit tut, das Vertrauen auch der anfangs widerstrebenden, technischen Kreise gewinnen wird, und daß man wohl die Zuversicht hegen darf, daß es ihm an der Mitwirkung der Erzeuger- und Verbraucherkreise nicht fehlen wird. Es ist dazu aber auch notwendig und sicher lohnend, in Zukunft vor allen Dingen darauf zu dringen, daß die wissenschaftlichen Arbeiten des Amtes in den Vordergrund gebracht werden. Grundbedingung hierfür ist die Gewinnung eines tüchtigen Stammes von selbständigen, wissenschaftlichen Beamten.

Dem Amte werden demgemäß in Zukunft größere eigne Mittel als bisher für wissenschaftliche Forscherarbeit, für Studienreisen u. a. m. zur Verfügung stehen müssen. Denn wenn auch, wie früher, für bestimmte wissenschaftliche Arbeiten von Privaten, Vereinen und Staatsbehörden große Mittel zur Verfügung gestellt und damit erhebliche und umfangreiche Arbeiten bewältigt werden dürften, so sind doch diese Arbeiten zumeist mit den schon auf Seite 22 bis 23 der D. S. besprochenen Mängeln behaftet, und es fehlte bisher



an der Möglichkeit, Fragen und Gedanken ausgiebig zu studieren, die aus den eigenen und aus den Arbeiten anderer entsprangen.

Insbesondere waren die Mittel nicht vorhanden, um auch die Forschertätigkeit und Erfahrungen der Schwesteranstalten, sowie das so außerordentlich reichhaltige Beobachtungsmaterial aus der technischen Literatur zusammenzutragen, zu ordnen und seinen Kern in gedrängter, übersichtlicher Form für die deutsche Technik zusammenzustellen und nutzbar zu machen.

Das Materialprüfungsamt wäre hierfür durchaus die geeignete und wohl auch die berufenste Stelle. Aber um diese Arbeit leisten zu können, wäre der Ausbau seiner Bücherei und die Gewährung von Hilfskräften für diese Tätigkeit nötig. Auch die Mittel müßten geschaffen werden, die dem Amte die Vervollkommnung seiner Veröffentlichungen ermöglichen. Neben der Ausgestaltung der amtlichen „Mitteilungen" sollte dem Amte die Aufgabe zugeteilt werden, gegen mäßige Gebühren technischen Betrieben Literaturübersichten und Fachberichte über bestimmte Arbeitsgebiete zu liefern. Das könnte neben der Belehrung des eigenen Personals eine fruchtbringende Arbeit werden, erfordert aber ebenfalls geschulte, selbständig arbeitende Beamte.

Zweige, durch deren eifrigen Ausbau besonderer Nutzen geschaffen werden kann, sind die Untersuchung und Beglaubigung von Maschinen und Apparaten für die Materialprüfung und die Ausbildung und Entwickelung der Prüfungsverfahren.

Es ist notwendig, daß die Maschinenprüfung noch allgemeiner gehandhabt wird als jetzt. Ganz besonders die für Abnahmeprüfungen von den Verbrauchern und Erzeugern benutzten Maschinen müssen richtige und sichere Arbeit leisten; ihr Ergebnis ist oft von viel größerer Bedeutung für die Entscheidung über Mein und Dein als die Leistung der den Eichvorschriften unterworfenen Handelswage. Einrichtungen und Personal für diesen Tätigkeitszweig müssen hohe Sicherheit und Vollkommenheit haben.

Ausbau und Verbesserung der Prüfungsverfahren in enger Fühlung mit der Praxis wird vornehmste Aufgabe des Amtes werden müssen; dabei wird namentlich das chemische Gewerbe zu berücksichtigen sein. Wie es beispielsweise für die Prüfung des Zementes, des Papiers u. a. m. gelungen ist, in engster Mitwirkung der beteiligten Kreise feste und einheitliche Grundsätze für die Lieferung und Prüfung zu entwickeln, die den Anforderungen des Verbrauchers und des Erzeugers gerecht werden, so kann die gemeinsame Arbeit auch auf vielen anderen Gebieten Nützliches schaffen, und die Gegensätze zwischen Erzeuger und Verbraucher auf geringstes Maß bringen. An

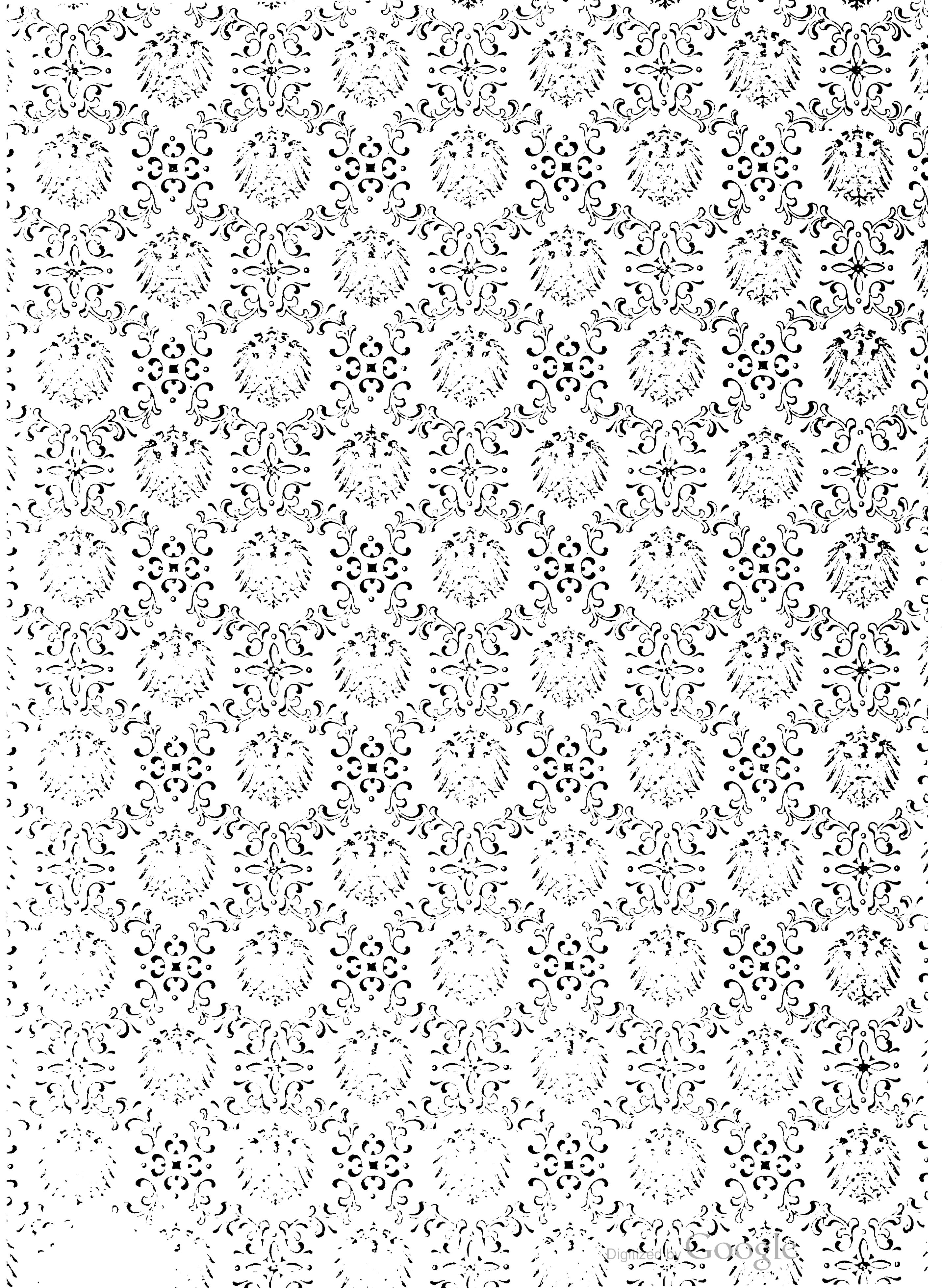


diesem wirtschaftlich sicher richtigen Ziele sollte das Amt mehr als früher beteiligt werden. Auch hierzu ist die Gewährung von Mitteln für die Ausführung solcher Arbeiten, die vornehmlich im öffentlichen Interesse liegen, sehr zu wünschen. Aufträge von Einzelinteressenten und von Vereinen sind aus verschiedenen Gründen nur auf enge Ziele gerichtet; in der Regel stehen, wie oft auch den Großverbrauchern (Behörden usw.) nur die Mittel für die allernotwendigsten Arbeiten zur Verfügung, sodaß die Arbeiten häufig nicht die für den öffentlichen und wissenschaftlichen Nutzen wünschenswerte Tiefe erhalten können.

Es ist unter allen Umständen notwendig, daß der Staat über ein öffentliches Materialprüfungsamt verfügt, das vermöge seiner Einrichtung und der zuverlässigen Tüchtigkeit seiner Beamten unbedingt an erster Stelle steht. Seine Leistungsfähigkeit und sein Wirken müssen, vermöge der Stellung außerhalb der Interessen von Erzeuger und Verbraucher, es immer über die vom industriellen Kapital errichteten großen Anstalten erheben. Nur so wird man die Gefahr vermeiden, daß sich die Kapitalmacht die Wissenschaft dereinst einseitig zum Nutzen macht.

Auf Tüchtigkeit, Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit des Amtes muß also in allererster Linie gehalten werden."




Digitized by Google

